

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

1.1. ANTECEDENTES.

En tiempos antiguos la plomería y la salubridad no siempre fueron primitivas. En épocas pasadas el hombre las elevó a los niveles significativos. La historia revela que una de las diferencias fundamentales entre la civilización y la barbarie, está relacionada con la instalación de sistemas de tubería para el adecuado suministro de agua potable, disposición sanitaria de las aguas grises y eficiente e inobjetable disposición de las aguas lluvias.

Desde las antiguas civilizaciones como la romana, las instalaciones hidrosanitarias han sido fundamentales para preservar la salud pública, controlar enfermedades y garantizar condiciones mínimas de higiene. El uso de acueductos, baños públicos y sistemas de alcantarillado marcó un hito en la relación entre infraestructura y bienestar social.

A principios del siglo XX, la plomería empezó a progresar más rápidamente. En los interiores de los edificios se instalaron inodoros de los de tipos de fondo con descarga de agua, así como fregaderos, lavamanos y bañeras. Se aplicaron métodos científicos a la construcción de las instalaciones de plomería. Los sifones de los aparatos sanitarios fueron ventilados y se introdujo el agua corriente caliente y fría. Durante este período apareció el inodoro de descarga por sifón y los estados establecieron leyes para el control sanitario. El mayor progreso de la plomería tuvo lugar después de 1910, que es muy reciente, dada la antigüedad de miles de años que tiene este oficio.

Es importante mencionar que la instalación hidrosanitaria en edificios trae problemas relacionados con la Salud Pública, la higiene personal, el diseño de construcción, los materiales de plomería, las técnicas avanzadas y los reglamentos estatales. (Pérez, 2010, p.17-19).

En Bolivia, el desarrollo de sistemas hidrosanitarios comenzó a consolidarse en el siglo XX, con la incorporación de redes de agua potable y alcantarillado principalmente en zonas urbanas, mientras que las áreas rurales han quedado rezagadas.

La comunidad de Santa Ana La Nueva, ubicada en el municipio de Cercado, Tarija, enfrenta una situación crítica en cuanto a servicios hidrosanitarios, principalmente la falta de un sistema de alcantarillado sanitario provocando múltiples consecuencias.

En el diseño de un centro de salud con internación, las instalaciones hidrosanitarias no son un complemento, sino un componente esencial. Estas deben garantizar: Abastecimiento continuo de agua potable con presión adecuada; Evacuación segura de aguas grises, negras, y pluviales con sistemas de evacuación y tratamiento; Cumplimiento normativo.

La instalación hidrosanitaria propuesta se convierte así en un componente clave para garantizar el funcionamiento seguro, eficiente y normativo del nuevo centro de salud.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Planteamiento del Problema.

Las comunidades de la Provincia Cercado, en el departamento de Tarija, presentan un crecimiento poblacional constante que genera una creciente demanda por servicios de salud adecuados y sostenibles. Este desafío se refleja particularmente en el Proyecto de Construcción del Centro de Salud con Internación de la Comunidad Santa Ana La Nueva, el cual actualmente carece de un diseño hidrosanitario apropiado en sus instalaciones.

Un sistema hidrosanitario diseñado de manera errónea puede ocasionar serios problemas funcionales y estructurales dentro del predio. La calidad del agua potable, por ejemplo, es un factor crucial en entornos hospitalarios; un suministro deficiente puede derivar en complicaciones sanitarias tanto para pacientes como para el personal médico.

Asimismo, una evacuación ineficiente de las aguas residuales no solo contribuye a la propagación de enfermedades infecciosas, sino también a la generación de malos olores y vectores que deterioran la calidad de vida en la comunidad. Por otro lado, una gestión inadecuada de las aguas pluviales incrementa el riesgo de daños estructurales, como asentamientos diferenciales en zapatas, fisuras en muros o afectaciones en los cimientos debido a acumulaciones de humedad y presión hidráulica.

En este contexto, garantizar un diseño hidrosanitario correcto y un mantenimiento periódico resulta esencial para proteger la salud pública, asegurar el confort y funcionalidad del establecimiento médico.

1.2.2. Formulación del Problema.

¿Se podrá diseñar las instalaciones hidrosanitarias del Centro de Salud con Internación de primer nivel en Santa Ana La Nueva de manera que satisfaga las necesidades de la

población, ofreciendo condiciones sanitarias adecuadas y cumpliendo con las normativas pertinentes?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General.

Realizar el diseño hidrosanitario en el Centro de Salud con Internación de primer nivel en Santa Ana La Nueva que satisfagan las necesidades de la población, ofreciendo las condiciones sanitarias adecuadas y cumpliendo con las normativas pertinentes.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Implementar el diseño de la Instalación de Agua Potable de manera adecuada para garantizar un suministro continuo y uniforme al interior de los predios.
- Proyectar el Sistema de Evacuación de Aguas Residuales mediante un diseño integral que asegure su correcta disposición, para evitar la proliferación de enfermedades, vectores y malos olores y su tratamiento.
- Estructurar y dimensionar el Sistema de Drenaje Pluvial para garantizar una recolección y conducción adecuada que no genere daños en la infraestructura.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

1.4.1. Justificación Técnica.

Las instalaciones hidrosanitarias son fundamentales en cualquier edificación, ya que garantizan el acceso de agua potable y la correcta evacuación de aguas residuales y pluviales. Su importancia radica en varios aspectos clave:

- Para dimensionar correctamente las tuberías y sistemas, asegurando un suministro de agua potable adecuado sin desperdicios.
- El sistema de evacuación y tratamiento de aguas residuales es crucial para garantizar la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el bienestar general, evitando la propagación de enfermedades al eliminar contaminantes y patógenos presentes en las aguas residuales.
- Un sistema de drenaje pluvial es esencial para la conducción adecuada del agua de lluvia y prevenir problemas como inundaciones y daños a la infraestructura, al implementar un sistema de almacenamiento para el reúso de agua pluvial es una

práctica clave para enfrentar desafíos ambientales y sociales.

1.4.2. Justificación Económica.

Un diseño eficiente y bien estructurado de la instalación hidrosanitaria del Centro de Salud permitirá optimizar el uso de recursos, mejorar el funcionamiento del sistema y reducir costos de construcción, operación y mantenimiento.

1.4.3. Justificación Social.

La razón del proyecto es social porque beneficiará directamente a todos los habitantes de la comunidad de Santa Ana La Nueva, los cuales dispondrán de un Centro de Salud con Internación con sus respectivas Instalaciones Hidrosanitarias.

La importancia de las instalaciones hidrosanitarias es de vital importancia para que el centro opere con las condiciones adecuadas ofreciendo un servicio pertinente a los habitantes de Santa Ana La Nueva, de manera que contribuya diariamente a la protección de la salud de las personas con un adecuado suministro de agua potable, y su respectiva evacuación de aguas residuales.

1.5. LÍMITES Y ALCANCES.

1.5.1. Límites.

El diseño hidrosanitario del Proyecto Construcción Centro de Salud con Internación en la Comunidad de Santa Ana La Nueva estará limitado exclusivamente en tres sistemas fundamentales: la red de abastecimiento de agua potable, el sistema de evacuación de aguas residuales y su tratamiento destinado exclusivamente al funcionamiento interno del establecimiento, y el sistema de drenaje pluvial con propósito de reúso. Cada uno de estos sistemas incluirá planos constructivos detallados, cómputos métricos, presupuesto con análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas, cronograma de ejecución estructurado y un manual de operación y mantenimiento que garantice su funcionalidad y sostenibilidad a largo plazo.

1.5.2. Alcances.

Se desarrollará el diseño hidráulico sanitario integral para tres sistemas fundamentales del centro de salud: la instalación de agua potable, el sistema de evacuación de aguas residuales y su tratamiento, y el sistema de desagüe pluvial. El diseño de la red de agua potable incluirá la acometida desde la red pública hasta el interior del predio,

considerando el cálculo de caudales mediante el método de Hunter, recomendado por el reglamento nacional de instalaciones domiciliarias. Se determinará el volumen y la altura óptima del tanque de almacenamiento y regulación, así como los diámetros de las tuberías en función de los caudales y presiones dinámicas requeridas.

En cuanto al sistema de alcantarillado sanitario, se realizará el diseño técnico verificando velocidades, pendientes y tensión tractiva, asegurando una disposición final adecuada de las aguas residuales y de los residuos tóxicos peligrosos. Se calcularán los caudales de diseño específicos para esta instalación, garantizando su eficiencia y cumplimiento normativo.

El sistema de desagüe pluvial será diseñado a partir de un análisis hidrológico que contemple las precipitaciones e intensidades máximas, permitiendo dimensionar correctamente canaletas, bajantes y demás componentes. Además, se incluirá un sistema de almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia para el riego de áreas verdes.

El proyecto contemplará la elaboración de planos constructivos, cálculos métricos, presupuesto con análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas, cronograma de ejecución, y un manual de operación y mantenimiento para cada uno de los tres sistemas, asegurando su funcionalidad, sostenibilidad y facilidad de gestión a largo plazo.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.

2.1. SISTEMAS DOMICILIARIOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Toda instalación de agua potable comprende un sistema constituido por: la conexión domiciliaria o ramal externo, el ramal de alimentación domiciliar, el almacenamiento, si corresponde, y la red de distribución hacia los puntos de consumo de utilización. (MMA y A. Reglamento Nacional Instalaciones Domiciliarias p. 112).

2.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

2.2.1. Método HUNTER.

La primera aplicación de la teoría de la probabilidad, en la determinación de las cargas de diseño en sistemas hidráulicos y sanitarios, fue hecha por el Dr. Roy B. Hunter en 1924. Aún, cuando a la fecha se tienen cambios en los muebles sanitarios utilizados, puesto que todos son de bajo consumo, la metodología utilizada es la más precisa y válida y, en consecuencia, es la más aceptada por los diseñadores.

Hunter establece, al aplicar el método probabilístico, que la operación de los muebles sanitarios es un evento totalmente aleatorio; por tanto, determina las frecuencias máximas de uso de los principales muebles sanitarios que elevan el gasto en los sistemas hidráulicos de edificios residenciales, basando sus valores en las frecuencias de uso de los registros obtenidos en hoteles y edificios de departamentos durante los períodos de operación máxima. También determina los valores característicos de los gastos promedios de agua, utilizados por los diferentes muebles sanitarios y, el tiempo de operación de cada uno de ellos. (García, J. (2006). Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en edificios p.7).

Las redes domiciliarias de agua potable, se diseñarán para la demanda máxima probable aplicando el método probabilístico de Hunter, considerando que no todos los puntos de consumo de una red se encuentran en plena utilización ni en funcionamiento continuo. El método de Hunter asigna un peso específico, unidades de mueble (UM), a cada artefacto sanitario operando en forma intermitente, considerando su efecto en el funcionamiento de la red en términos de caudal y consumo.

Dos o más artefactos sanitarios podrán sumarse en sus unidades de gasto para determinar su efecto combinado en el sistema de distribución domiciliaria. Con las Unidades de

Gasto o Unidades Mueble (UM) encontradas se podrán determinar los caudales máximos probables con la Ec.1 en cada punto de la red. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p.128).

$$Q = 0,06 * UM^{0,738} \quad (1)$$

Dónde:

Q: Caudal máximo probable (l/s).

UM: Unidad mueble.

Tabla. 2.1. Demanda de muebles sanitarios en unidades-mueble.

Mueble Sanitario	Tipo de Control	Demandas de Agua Fría y Agua Caliente (UM)		Demanda Total (un solo servicio) (UM)	
		PÚBLICO	PRIVADO	PÚBLICO	PRIVADO
WC	Fluxómetro	-	-	10,00	6,00
WC	Tanque	-	-	5,00	3,00
Fregadero	Llave	3,00	1,50	4,00	2,00
Lavabo	Llave	1,50	0,75	2,00	1,00
Mingitorio	Fluxómetro	-	-	10,00	-
Mingitorio	Llave	-	-	5,00	-
Mingitorio	Fluxómetro	-	-	3,00	-
Regadera	Llave	3,00	1,50	4,00	2,00
Tina	Llave	3,00	1,50	4,00	2,00
Vertedero	Llave	-	-	3,00	-
Lavadero	Llave	-	2,25	-	3,00
Grupo baños	WC fluxómetro	-	6,00	-	8,00
Grupo baños	WC fluxómetro	-	4,50	-	6,00
Combinaciones de muebles	Llaves	-	2,25	-	3,00

Fuente: García, J. (2006).

2.2.2. Velocidades.

A objeto de limitar la generación de ruidos y sedimentación de sólidos en las tuberías, la velocidad del flujo en los conductos o tuberías de distribución de agua no deberá ser mayor a las indicadas en la Tabla 2.2., para las condiciones de máxima demanda potable,

también indica las velocidades máximas admisibles y caudales máximos en función al diámetro de la tubería.

La velocidad mínima en un conducto o tubería de distribución de agua potable no deberá ser menor a 0,60 m/s para evitar sedimentación. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p.124).

Puesto que el golpe de ariete es función de la celeridad de la onda de presión (velocidad de flujo), es de primordial importancia, evitar velocidades excesivas de diseño con objeto de minimizar los problemas de este tipo.

La velocidad máxima de flujo en tuberías durante períodos de demanda pico debe ser de 2,5 m/s, como valor máximo, puesto que cuando se aproxima a los 3 m/s se incrementa el riesgo del golpe de ariete. Las velocidades altas producen ruidos en forma de silbidos, erosión en tuberías, el peligro de choques hidráulicos, etc., por lo que se debe evitar exceder el límite de los 3,0 m/s. Una velocidad adecuada de diseño puede considerarse de 2,5 m/s. (García, J. (2006). Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en edificios p.33).

Tabla. 2.2. Velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable.

DN (mm)	Velocidad máxima (m/s)	Caudal máximo (L/s)
15	1,6	0,2
20	2,0	0,6
25	2,3	1,2
40	2,5	4,0
50	2,5	5,7
60	2,5	8,9
75	2,5	12,0
100	2,5	18,0

Fuente: MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Para el cálculo de la velocidad se obtiene mediante la Ec.2 (Ecuación de Continuidad):

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Donde:

V: Velocidad de flujo (m/s).

Q: Máximo caudal (m³/s).

A: Área de la sección (m²).

2.2.3. Presión mínima de operación.

La red de distribución de agua debe ser diseñada para poder suministrar la presión mínima de operación de los diversos muebles sanitarios. Cuando la red municipal no puede proporcionar esta presión mínima, debemos recurrir a algún sistema de elevación de presión como podrían ser los tanques elevados, los sistemas hidroneumáticos, o las bombas booster. (García, J. (2006). Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en edificios p.31)

Para fines de diseño, la presión de trabajo, o presión dinámica mínima, no deberá ser menor a los 2 mca (20 kPa) para todos los puntos de utilización, salvo lo recomendado por los proveedores. En el caso de artefactos con válvulas de descarga para inodoros y/o tanques de hidropresión la presión dinámica mínima en condiciones de operación o funcionamiento será fijada por el proveedor. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p.125).

2.2.4. Pérdidas de carga en tuberías.

Las tuberías de la red de distribución de agua, deben ser dimensionadas limitando las pérdidas de energía, de tal manera que la salida más alta y remota pueda tener la presión mínima requerida para una operación adecuada durante los períodos de demanda pico. (García, J. (2006). Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en edificios p.32).

Las pérdidas de carga serán determinadas considerando una presión dinámica mínima sobre el punto de consumo o salida del artefacto más desfavorable, dicha presión es mayor o igual a los 2 mca (metros de columna de agua) o 20 kPa (kilo Pascales), para condiciones de máximo consumo probable.

El diámetro mínimo de las tuberías a emplearse en las instalaciones domiciliarias de agua potable fría y agua potable caliente, será de DN 15 (1/2") en tuberías de material plástico y cobre, de DN 20 (3/4") en tuberías de fierro galvanizado. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p. 135).

La pérdida de carga en tuberías se calculará mediante la aplicación de la fórmula de Hazen-Williams (Ec.3):

$$h_f = 10,678 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * \frac{L}{D^{4,87}} \quad (3)$$

Dónde:

h_f : Pérdida de carga (m).

Q : Gasto acumulado (m^3/s).

C : Coeficiente de rugosidad (adimensional).

L : Longitud total de la tubería (m).

D : Diámetro de la tubería (m).

2.2.5. Pérdidas de carga localizadas.

Las pérdidas de carga localizadas corresponden a las producidas por hidrómetros, reguladores de caudal, piezas de unión, accesorios, distribuidores múltiples, reguladores de caudal, y piezas especiales. Para el cálculo de las pérdidas localizadas debido a piezas de unión, válvulas y accesorios, se podrá obtener determinando la longitud equivalente en cada caso, de acuerdo al tipo de material del accesorio PVC y/o F.G. Las pérdidas por piezas especiales, hidrómetros y similares serán determinadas con base a información del proveedor. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p. 137).

2.2.6. Tanque de Almacenamiento.

2.2.6.1. Sistema Indirecto sin bombeo.

Este sistema consta de un ramal de alimentación domiciliaria que alimenta un tanque elevado. La tubería de ingreso al tanque elevado está provista de una válvula de flotador. En este caso, la energía de impulsión al tanque elevado es provista por la red pública de agua potable. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p. 117).

El volumen de almacenamiento no deberá ser en ningún caso inferior al consumo diario del inmueble, ni menor a 500 L. Se podrá aplicar la Ec.4:

$$V_T = C_D + V_{CI} + V_{OU} \quad (4)$$

Dónde:

V_T : Volumen útil del tanque (l).

C_D : Consumo diario (l).

V_{CI}: Volumen contra incendios (l).

V_{OU}: Volumen de otros usos (l).

2.2.7. Dotación de Agua.

La dotación per cápita neta, es el consumo medio diario que se le puede asignar a un habitante / usuario de un inmueble, para satisfacer sus necesidades domésticas de bebida, alimentación, lavado de ropa, lavado de utensilios, aseo (personal y vivienda), este indicador, además de reflejar hábitos culturales y condiciones socioeconómicas, se encuentra condicionado por factores técnicos como la disponibilidad de fuentes de abastecimiento, la eficiencia de las redes de distribución, las pérdidas por fugas y el nivel de tratamiento requerido. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p. 114).

Tabla 2.3. Dotaciones comerciales, públicas.

Tipo de inmueble/Utilización	Dotación
Centros educativos, escuelas, colegios, universidades y otros similares, alumnado externo	50 L/alumno. día
Centros educativos, escuelas, colegios, universidades y otros similares, alumnado interno	120 L/alumno. día
Edificios de oficinas, personal	50 L/persona. día ó 6,0 L/m ² . día
Parqueos sin lavado de automóviles	2 L/m ² . día
Centros de salud, hospitales, clínicas, personal médico, paramédico.	50 L/persona. día
Centros de salud, hospitales, clínicas, internos.	400-600 L/cama. día
Centros de salud, hospitales, clínicas, personal de oficinas, visitas.	20 L/persona. día
Locales industriales, dotación por operatorio o personal de oficinas.	50 L/persona. día
Locales comerciales mercados, supermercados, empleados.	50 L/empleado. día
Locales comerciales, uso general,	5 L/m ² . día
Riego de jardines.	2 L/m ² . día
Mercados, supermercados,	10 L/m ² . día
Restaurantes, bares y similares.	20 L/m ² . día
Salas de espectáculos sin considerar equipos de acondicionamiento de aire.	25 L/butaca. día
Coliseos, gimnasios, locales deportivos.	1 L/espectador. día
Regimientos y cuarteles.	120 L/persona. día
Hoteles y similares.	100-200 L/cama. día

Fuente: MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

2.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

2.3.1. Instalaciones de evacuaciones de aguas residuales.

Las instalaciones domiciliarias de aguas residuales deben ser diseñadas y ejecutadas cumpliendo los siguientes requisitos:

- Permitir un escurrimiento rápido de las aguas residuales.
- Impedir el pasaje de los gases provenientes de las tuberías de drenaje de aguas residuales al interior de las edificaciones.
- No permitir la filtración de aguas, evacuación de gases y formación de depósitos en las tuberías de drenaje de aguas residuales.
- Evitar los riesgos de pérdidas físicas por fallas de funcionamiento y descargas incontroladas que podrían afectar y/o dañar un inmueble, propiedades circunvecinas y/o crear impactos negativos en el medio ambiente.

Toda instalación domiciliaria de aguas residuales está destinada a evacuar las aguas residuales, provenientes de los diferentes usos del agua, hasta su disposición final.

Toda instalación domiciliaria de aguas residuales debe ser dotada de ventilación primaria y/o secundaria, a fin de evitar la ruptura de los sellos hidráulicos y evacuar hacia la atmósfera los gases emanados de los colectores sanitarios.

La instalación de las tuberías de evacuación de aguas residuales, tanto verticales como horizontales, debe ser de preferencia rectilínea, con elementos de inspección para su limpieza y desobstrucción. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p. 173).

2.3.2. Ramales de descarga y ramales sanitarios.

Los ramales de descarga de cada artefacto sanitario se determinarán con base al número de Unidades Mueble (UM), en nuestro país equivale a Unidades de Descarga Hidráulica, de acuerdo al método Hunter, correspondiente a cada artefacto sanitario. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p. 176).

El número de Unidades de Descarga Hidráulica (UD) asignado a artefactos sanitarios que no se encuentran explícitamente contemplados en la Tabla 2.4 del reglamento técnico,

debe ser determinado mediante un procedimiento de estimación basado en el diámetro nominal de la tubería de descarga, conforme a los valores establecidos en la Tabla 2.5; este criterio responde a la necesidad de garantizar uniformidad en el cálculo de cargas hidráulicas y en la dimensionamiento de las redes de evacuación, evitando subestimaciones o sobreestimaciones que puedan comprometer la capacidad de conducción y el desempeño del sistema sanitario; en este sentido, la correlación entre diámetro de descarga y número de UD constituye un parámetro normativo que permite extrapolar el comportamiento hidráulico de artefactos no tipificados, asegurando que la infraestructura proyectada cumpla con los requisitos de seguridad, eficiencia y sostenibilidad.

Tabla 2.4. Unidad mueble, de los muebles y equipo sanitarios.

Artefacto sanitario	Unidad de Descarga
Lavamanos (LM)	1
Inodoro con fluxómetro (IF)	5
Ducha (D)	2
Urinario con fluxómetro (UF)	3
Lavachatas (L)	3
Fregadero (F)	3
Mesa de autopsia (MA)	4
Lavadora Horizontal (LH)	4
Lavamanos de cirugía (LMC)	2

Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social.

Tabla 2.5. Unidades de Descarga Hidráulica para artefactos sanitarios no contemplados.

Ramal de descarga. Diámetro nominal DN (mm)	Unidad de Descarga
40	2
50	3
75	5
100	6

Fuente: MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Todo ramal de descarga correspondiente a lavamanos, duchas, tinas, bidets, lavanderías, máquinas de lavar ropa, rejilla de piso y similares, debe descargar individualmente a una caja interceptora. Se exceptúan:

- Los conjuntos de lavamanos/lavatorios instalados formando una batería de artefactos sanitarios colectivos, siempre que el ramal colectivo, que reúne los ramales de descarga de cada artefacto sanitario, cuente con un dispositivo de limpieza e inspección. El ramal colectivo deberá descargar siempre a una caja interceptora.
- Los lavamanos/lavatorios, de dos piletas.
- Los lavaplatos/piletas de cocina, simples y/o dobles (de dos piletas) cuyos efluentes deberán descargar en un desgrasador. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p.177).

Ningún artefacto sanitario puede descargar su respectivo efluente en tuberías con diámetro nominal menor a DN 40.

Tabla 2.6. Dimensionamiento de ramales sanitarios.

Diámetro Nominal (mm) DN	Número máximo de UD
40	3
50	6
75	20
100	160

Fuente: MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Los ramales de descarga de artefactos sanitarios con diámetros nominales iguales y/o menores a DN 75, 76,20 mm (3") deberán ser instalados con una pendiente mínima del 2%.

Los ramales de descarga de artefactos sanitarios con diámetros nominales iguales y/o mayores a DN 100, 101,60 mm (4") deberán ser instalados con una pendiente mínima del 1%.

Los cambios de dirección horizontales deberán ser realizados con piezas con ángulo central de curvatura igual o inferior 45°. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p.178).

2.3.3. Alcantarillado Sanitario.

2.3.3.1. Ecuación de Manning.

Para realizar los cálculos hidráulicos con respecto a la velocidad se emplea la Ec.5: (Ministerio del Agua 2007 p.51)

$$V = \frac{1}{\eta} * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} \quad (5)$$

Donde:

V: Velocidad del flujo (m/s).

η : Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional).

R: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente hidráulica (m/m).

2.3.3.2. Ecuación de continuidad.

Para realizar los cálculos hidráulicos de dimensionamiento de colectores se empleará la Ec.6. (Ministerio del Agua 2007 p. 51).

$$Q = V * A \quad (6)$$

Donde:

Q: Máximo caudal (m³/s).

A: Área de la sección (m²).

V: Velocidad de flujo (m/s).

2.3.3.3. Sección llena.

Para realizar los cálculos hidráulicos de dimensionamiento de colectores se emplearán las siguientes ecuaciones:

Las relaciones geométricas para la sección circular son: (Ministerio del Agua 2007 p.52).

- Área:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (7)$$

Dónde:

A: Área de la sección (m²).

D: Diámetro de la tubería (m).

- Perímetro:

$$P = \pi * D \quad (8)$$

Dónde:

P: Perímetro de la sección (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

- Radio Hidráulico:

$$R_H = \frac{D}{4} \quad (9)$$

Dónde:

RH: Radio Hidráulico de la sección (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

2.3.3.4. Sección parcialmente llena.

- Tirante normal en el tramo:

$$Y_n = \frac{1,31576}{D^{0,3558}} * \left(\frac{n*Q}{S^{0,5}}\right)^{0,508427} \quad (10)$$

Dónde:

Y_n : Tirante normal en el tramo (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

n: Coeficiente de rugosidad.

Q: Máximo caudal (m³/s).

S: Pendiente de la sección (m/m).

- Ángulo central:

$$\theta = 2 * \arcsin\left(1 - \frac{2*y}{D}\right) \quad (11)$$

θ : Ángulo central (°).

y: Tirante normal en el tramo (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

- Área:

$$A = \frac{D^2}{8} * (\theta - \sin(\theta)) \quad (12)$$

Dónde:

A: Área de la sección (m²).

D: Diámetro de la tubería (m).

θ: Ángulo central (radianes).

- Perímetro:

$$P = \frac{D \cdot \theta}{2} \quad (13)$$

Dónde:

P: Perímetro de la sección (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

θ: Ángulo central (radianes).

- Radio Hidráulico:

$$RH = \frac{A}{P} \quad (14)$$

Dónde:

RH: Radio Hidráulico de la sección (m).

A: Área de la sección (m²).

P: Perímetro de la sección (m).

2.3.3.5. Coeficiente “n” de rugosidad.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) debe tomar un valor de 0,013 en alcantarillados sanitarios, para cualquier tipo de material de tubería. Es decir, la película biológica formada hace que este coeficiente sea uniforme independiente del material. (Ministerio del Agua 2007 p. 53).

2.3.3.6. Diámetro mínimo.

En las redes de recolección y evacuación de aguas residuales. El mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado sanitario convencional y/o no convencional es 100 mm (4 plg). Para el alcantarillado de

pequeño diámetro sin arrastre de sólidos el diámetro mínimo es de 50 mm (2 plg). (Ministerio del Agua 2007 p. 53).

2.3.3.7. Tensión tractiva.

La ecuación de la tensión de arrastre, que representa un valor medio de la tensión a lo largo del perímetro mojado de la sección transversal considerada, está definida por la Ec.15.

$$\tau = \rho * g * R_H * S \quad (15)$$

Donde:

τ : Tensión tractiva media o tensión de arrastre (Pa).

ρ : Densidad del agua (1000 (kg/m³).

g : Aceleración de la gravedad (9,81m/s²).

R_H : Radio hidráulico (m).

S : Pendiente del tramo de tubería (m/m).

La fuerza tractiva debe ser suficiente para transportar entre el 90% al 95 % del material granular que se estima entra al sistema de alcantarillado sanitario.

Cada tramo debe ser verificado por el criterio de la tensión tractiva media de valor mínimo $\tau_{min} = 1$ Pa. En los tramos iniciales la verificación de la tensión tractiva mínima no debe ser inferior a 0,60 Pa. (Ministerio del Agua 2007 p. 54).

2.3.3.8. Pendiente.

La pendiente del colector debe ser calculada con el criterio de la tensión tractiva, según las siguientes ecuaciones: (Ministerio del Agua 2007 p. 55).

Pendiente para tuberías con sección llena, Ec.16.

$$S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * R_H} \quad (16)$$

Pendiente para tuberías con sección parcialmente llena, Ec.17.

$$S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * \frac{D}{4} * (1 - \frac{360 * \sin \theta}{2 * \pi * \theta})} \quad (17)$$

Donde:

$S_{\min}$: Pendiente mínimo del tramo de tubería (m/m).

$\tau_{\min}$: Tensión tractiva mínima (Pa)

ρ : Densidad del agua, 1000 (kg/m³).

g : Aceleración de la gravedad, 9,81 (m/s²).

R_H : Radio hidráulico (m).

D : Diámetro del conducto (m).

Θ : Ángulo (°).

La pendiente mínima debe determinarse para garantizar la condición de auto limpieza de la tubería.

La pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tiene una velocidad en la tubería igual a 5,0 m/s. (Ministerio del Agua 2007 p. 58).

2.3.3.9. Tirante máximo de agua.

Los tirantes de agua deben ser siempre calculados admitiendo un escurrimiento en régimen uniforme y permanente, siendo su valor máximo igual o inferior a 75 % del diámetro del colector.

2.3.4. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

El tratamiento de las aguas residuales urbanas tiene como objetivo básico: “transformar el agua residual bruta en un efluente tratado, que cumpla la legislación vigente que permite su vertido a cauce receptor, con un mínimo costo económico y ambiental.

En las PTAR (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales) se somete a las aguas residuales a una serie de tratamientos concatenados, que tienen por objeto reducir las concentraciones de los contaminantes englobados en los cuatro grupos básicos, por debajo de los límites de vertido recogidos en la normativa medioambiental vigente. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 85).

La contaminación de las aguas residuales se clasifica en función a la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Características de las aguas residuales.

	Contaminación fuerte	Contaminación media	Contaminación débil
Sólidos en suspensión (mg/l)	350	220	100
DBO ₅ (mg/l)	400	220	110
DQO (mg/l)	1000	500	250
COT (mg/l)	290	160	80
NT (mg N/l)	85	40	20
N orgánico (mg N/l)	35	15	8
N amoniacal (mg N/l)	50	25	12
Pt (mg P/l)	15	8	4
P orgánico (mg P/l)	5	3	1
P inorgánico (mg P/l)	10	5	3
Coliformes totales (NMP/100 ml)	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁶ -10 ⁷
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁵ -10 ⁶

Fuente: Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento.

2.3.4.1. Tratamiento Primario.

El objetivo básico de los tratamientos primarios se centra en la separación de los sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables) presentes en las aguas residuales. Dado que una parte de los sólidos que se separan está constituida por materia orgánica, con los tratamientos primarios se logra también una cierta reducción de la contaminación biodegradable presente en estas aguas. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 239).

2.3.4.1.1. Tanque Séptico.

Los Tanques Sépticos son dispositivos, que generalmente se disponen enterrados, y que permiten un tratamiento primario de las aguas residuales, reduciendo su contenido en sólidos en suspensión, tanto sedimentables como flotantes. En el funcionamiento de los Tanques Sépticos cabe distinguir dos tipos de procesos:

- Físicos: bajo la acción exclusiva de la gravedad se separan los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales (que se van acumulando en el fondo del tanque, en forma de lodos), de los flotantes, incluyendo aceites y grasas (que van formando una capa sobre la superficie líquida). La capa intermedia entre lodos y flotantes constituye el agua tratada.
- Biológicos: la fracción orgánica de los sólidos que se acumulan en el fondo de los tanques experimenta reacciones de degradación anaerobia, licuándose,

reduciendo su volumen y desprendiendo biogás, mezcla de metano y dióxido de carbono, principalmente, y en mucha menor cuantía, de compuestos del azufre (sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, etc.), principales responsables de los olores desagradables que se desprenden. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 239).

Los principales parámetros para el dimensionamiento de los Tanques Sépticos son:

- Tiempo de retención hidráulica.
- Carga hidráulica a caudal medio.
- Profundidad.
- Geometría (relación Largo/Ancho).

El tiempo de retención hidráulica (TRH) viene dado por la Ec.18.

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad (18)$$

Dónde:

TRH: tiempo de retención hidráulica (d).

V: volumen útil del Tanque Séptico (m³).

Q: caudal de aguas residuales a tratar (m³/d).

La carga hidráulica a caudal medio viene definida por la Ec.19:

$$C_{hQmed} = \frac{Q_{med}}{S} \quad (19)$$

Dónde:

C_{hQmed}: carga hidráulica a caudal medio (m³/m²/h, m/h).

Q_{med}: caudal medio horario de aguas residuales a tratar (m³/h).

S: superficie de la sección horizontal del Tanque Séptico (m²).

Se debe operar con valores de carga hidráulica a caudal medio ≤1,5 m/h. En lo referente a la profundidad y geometría, los Tanques Sépticos operan con alturas útiles de la lámina de agua de 0,90 - 1,20 m, y suelen ser de sección rectangular, con relaciones largo/ancho

de 3/1. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 242).

A partir de los valores de TRH recomendados, puede determinarse el volumen útil de los Tanques Sépticos, haciendo uso de la Ec.20.

$$V = TRH * Q \quad (20)$$

Conocido el volumen útil del Tanque Séptico, y fijada su profundidad, se determina la superficie de su sección horizontal, haciendo uso de la Ec.21.

$$S = \frac{V}{h} \quad (21)$$

Donde:

h: profundidad útil del Tanque Séptico (m).

Para la superficie obtenida, debe comprobarse que la carga hidráulica a caudal medio horario es $\leq 1,5$ m/h. En caso contrario debe recalcularse la superficie y, a partir de ella y de la profundidad, obtener el volumen útil definitivo del Tanque Séptico. El volumen total útil del Tanque Séptico, calculado de acuerdo con las expresiones anteriores, se repartirá en 2/3 para el primer compartimento del tanque y en 1/3 para el segundo.

Adoptando un porcentaje de eliminación de sólidos en suspensión en el Tanque Séptico del 55%, una composición volátil/mineral de estos sólidos del 75%/25%, una reducción de la componente volátil del 40%, una concentración media de los lodos del 4%, se ha confeccionado la Tabla 2.8., que muestra la generación de lodos en L/hab/d y en gramos de materia seca/hab.d, en un Tanque Séptico. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 243).

Tabla 2.8. Generación de lodos en tanques sépticos.

Zona ecológica	Población (habitantes)	
	1.000-2.000	2.000-10.000
	Generación de lodos (L/hab/d)	
Altiplano	0,19-0,33	0,28-0,40
Valles y Llanos	0,28-0,42	0,34-0,44
	Generación de lodos (g m.s./hab/d)	
Altiplano	7,6-13,2	11,2-16,0
Valles y Llanos	11,2-16,8	13,6-17,6

Fuente: Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales.

Los rendimientos medios que se alcanzan cuando se aplican Tanques Sépticos a modo de tratamiento primario. Ver Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Rendimientos de las Cámaras Sépticas.

Parámetro	Reducción (%)
Sólidos en suspensión	50-60
DBO ₅	20-30
DQO	20-30
NT	-
PT	-
Coliformes Fecales (u.log.)	0-1

Fuente: Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales.

2.3.4.2. Tratamiento Secundario.

También denominados como tratamientos biológicos, se encuentran los tratamientos anaerobios, tratamientos extensivos y tratamientos intensivos.

Los tratamientos anaerobios la degradación de la materia orgánica transcurre en ausencia de oxígeno molecular. Como principales ventajas de este tipo de tratamientos deben citarse: sus es casos requisitos de superficie, el hecho de que generan menos lodos en exceso que los tratamientos aerobios, que estos lodos se encuentran estabilizados, y la generación de biogás (mezcla principalmente de metano y dióxido de carbono, con un poder calorífico del orden de 5.000 kcal/Nm³), que en las PTAR de mayor tamaño puede emplearse como fuente energética. Entre las desventajas de los tratamientos anaerobios deben mencionarse: el hecho de que su rendimiento se ve muy afectado por la temperatura (no re comendándose su aplicación para temperaturas del agua a tratar inferiores a 15 °C.

De acuerdo a lo establecido en el inventario realizado en la gestión 2017, dentro de este tipo de tratamientos, los Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA) constituyen la tecnología que cuenta un mayor número de plantas construidas actualmente en Bolivia, con un total de 17 PTAR construidas, presentes en las tres zonas ecológicas, y que se aplican, fundamentalmente, para el tratamiento de las aguas residuales generadas en poblaciones menores de 5.000 habitantes. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 153-154).

2.3.4.2.1. Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente.

Los Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA) constituyen una tecnología de tratamiento de las aguas residuales, vía anaerobia, en la que las aguas a tratar atraviesan, en sentido ascendente, un material filtrante.

Las aguas residuales, tras pasar por una etapa de tratamiento primario (Tanque Séptico, o Tanque Imhoff), se introducen por la parte inferior del filtro, bien a través de un falso fondo, coronado en su parte superior por una losa perforada que retiene al material de soporte y que permite el paso de las aguas a tratar, o bien, de una parrilla de distribución, dispuesta en el fondo del filtro.

Las aguas ascienden por el material de soporte y abandonan el filtro por su parte superior, mediante una serie de canaletas o de tubos colectores.

La selección del tipo de terreno, para la construcción de esta línea de tratamiento, juega un papel relevante para poder prescindir de los bombeos de alimentación al reactor, mediante el enterramiento del mismo. Primándose, por tanto, los terrenos fáciles de excavar y con un nivel freático bajo. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 289-290).

Los rendimientos medios que se alcanzan cuando se aplican Tanques Sépticos a modo de tratamiento primario. Ver Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Rendimientos del FAFA.

Parámetro	Reducción (%)
Sólidos en suspensión	70-80
DBO ₅	75-85
DQO	70-80
NT	10-25
PT	10-15
Coliformes Fecales (u.log.)	2-3

Fuente: Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales.

Se hace uso de los siguientes parámetros de diseño:

- Tiempo de retención hidráulica.
- Volumen ocupado por el material de relleno.
- Altura del material de relleno.

El tiempo de retención hidráulica (TRH) viene dado por la Ec.22.

$$\bullet \quad \text{TRH} = \frac{V}{Q} \quad (22)$$

Dónde:

TRH: tiempo de retención hidráulica (d).

V: volumen útil del Tanque Séptico (m^3).

Q: caudal de aguas residuales a tratar (m^3/d).

El volumen de material de relleno se determina mediante la Ec.23:

$$\bullet \quad \text{rDQO} = 100 * (1 - 0.87 * \text{TRH}^{-0.5}) \quad (23)$$

Dónde:

rDQO: Rendimiento en Demanda química de oxígeno (%).

TRH: tiempo de retención hidráulica (d).

La producción de lodos en los Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente se estima en 0,1-0,2 kg de materia seca por cada kg de DQO alimentado al reactor. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 293).

Al contar los Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente con un tratamiento primario previo, que opera bajo condiciones de anaerobiosis (Tanques Sépticos o Tanques Imhoff), y dado que se ha limitado su aplicación por debajo de los 2.000 habitantes, la producción de biogás en estos filtros es reducida. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 293).

La altura del material de relleno, incluyendo la altura del falso fondo (cuando se disponga de este), debe acotarse a 1,20 m. La altura del falso fondo debe limitarse a 0,60 m, incluyendo el espesor de la losa. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 295).

En la parte superior de los falsos fondos se dispone una losa perforada, que tiene por objetivos retener el material filtrante y permitir el paso de las aguas afluentes. El diámetro de los orificios de la losa perforada debe ser de 2,5 cm. Estos orificios estarán separados entre 10-15 cm entre sí. (Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales p. 310).

2.3.4.2.2. Pozo de Absorción.

Es una estructura excavada en el suelo que permite la absorción del agua residual tratada hacia el subsuelo y debe ser construida a continuación de la cámara séptica.

El pozo de absorción es adecuado para localizaciones donde el nivel freático está a mayor profundidad de los 4 metros y existe alguna capa de suelo semi-impermeable que evite que el agua residual contamine el acuífero, para infiltrar el líquido efluente del tratamiento primario de las aguas residuales del alcantarillado.

Cuando solo es para absorción de las aguas de alcantarillado.

Los pozos de absorción, en su generalidad son de forma circular y pueden o no llevar revestimiento, dependiendo de la calidad del terreno.

Cuando el terreno no es muy sólido conviene revestir las paredes del pozo, para lo cual se emplea: mampostería de ladrillo, mampostería de piedra, anillas de concreto, ferrocemento o turriles metálicos.

Un pozo de absorción, es una excavación generalmente circular que se efectúa en terrenos permeables con estratos mayores a 5 m, para infiltrar el líquido efluente del tratamiento primario de las aguas residuales del alcantarillado. Cuando solo es para absorción de las aguas de alcantarillado.

2.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS PLUVIALES.

2.4.1. Escurrimiento Superficial.

El método utilizado más ampliamente para la determinación del escurrimiento superficial es de la fórmula racional.

Este método está basado en el concepto de que, la aplicación de una intensidad constante y uniforme de lluvia, producirá un escurrimiento que alcanza su valor máximo cuando todas las partes del área tributario estén contribuyendo al mismo, en el punto de diseño.

El método racional es adecuado para áreas de drenaje pequeñas hasta de 50 ha.

Cuando éstas son relativamente grandes, puede ser más apropiado estimar los caudales mediante otros modelos y que eventualmente tengan en cuenta la capacidad de amortiguamiento de las ondas dentro de la red de colectores.

En estos casos, es necesario justificar el método de cálculo, como se muestra en la Tabla 2.11. (Ministerio del Agua 2007 p.70).

La ecuación del método racional, es:

$$Q = C * I * A \quad (24)$$

Asimismo, la misma ecuación del método racional, se debe utilizar para las siguientes unidades:

$$Q = 2,78 * C * I * A \quad (25)$$

Q: Gasto máximo, (l/s).

C: Coeficiente de escurrimiento (Tabla 2.12.).

I: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria, (mm/h).

A: Área tributaria, (ha).

De acuerdo con el método racional, el caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, y éste es una fracción de la precipitación media bajo las siguientes suposiciones:

- a) El caudal pico en cualquier punto es una función directa de la intensidad “i” de la lluvia, durante el tiempo de concentración para ese punto
- b) La frecuencia del caudal pico es la misma que la frecuencia media de la precipitación
- c) El tiempo de concentración está implícito en la determinación de la intensidad media de la lluvia por la relación anotada en el punto a).

Tabla 2.11. Métodos Hidrológicos en función a las áreas de la cuenca.

Área de la cuenca (A)	Método Hidrológico
A<50 ha	Método Racional
50 ha<A<500 ha	Método Racional Modificado
A>500 ha	Otros métodos; Por ejemplo: Hidrograma Unitario

Fuente: Ministerio del Agua (2007).

Tabla 2.12. Valores de coeficiente de escurrimiento “C”.

Naturaleza de la Superficies	Valores de C
Césped, pasto, naturación intensiva de techo.	0,20-0,0
Grava con césped o pasto.	0,30-0,20
Naturación extensiva de techo.	0,50-0,30
Rejillas de bloques de cemento con relleno de pasto.	0,50-0,40
Losetas pequeñas con juntas abiertas.	0,60-0,50
Pavimento poroso aligerado.	0,70-0,50
Losetas grandes con juntas abiertas.	0,70-0,50
Empedrado o losetas con o sin aglomerante en las juntas.	0,80-0,50
Hormigón y asfalto.	0,90
Techos de metal o vidrio.	0,95

Fuente: MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

2.4.2. Intensidad-duración-frecuencia.

En las precipitaciones, la intensidad de lluvia en general no permanece constante durante un período considerable de tiempo, sino que es variable. El tiempo de duración de las precipitaciones debe ser aquel que transcurra desde el inicio de la lluvia hasta que toda el área esté contribuyendo. La frecuencia de las precipitaciones es el tiempo en años en que una lluvia de cierta intensidad y duración se repite con las mismas características.

Por otra parte. la ecuación intensidad (I), frecuencia (f) duración (t) en forma generalizada, tiene la expresión siguiente: (Ministerio del Agua 2007 p.71).

$$I = \frac{k \cdot T^m}{d^n} \quad (26)$$

Dónde:

I: Intensidad de lluvia (mm/h).

k, n, m: Constantes que dependen de la caracterización de la zona.

T: Periodo de retorno de diseño (años).

d: Duración de la precipitación (min).

Para la estimación de la intensidad de precipitación asociada a distintos periodos de retorno, se aplicó la distribución de Gumbel para valores extremos, la cual permite modelar eventos hidrometeorológicos máximos mediante un enfoque probabilístico.

2.4.2.1. Altura de lluvias máximas.

De acuerdo a la experiencia, las lluvias máximas registradas en una estación, se distribuyen de acuerdo a una ley cuyo mejor ajuste se obtiene con la ley de Gumbell.

$$h_{dT} = E_d * (1 + K_d * \log(T)) \quad (27)$$

Dónde:

h_{dT} : Altura de lluvias máxima diarias para distintos periodos de retorno (mm).

E_d : Moda de las precipitaciones máximas diarias(mm).

K_d : Coeficiente de ajuste (adimensional).

T : Periodo de Retorno (años).

2.4.2.2. Altura de lluvias menores a la diaria.

En ausencia de registros pluviográficos detallados, resulta necesario estimar las precipitaciones máximas correspondientes a duraciones específicas (1, 2, 3 horas, etc.), fundamentales para el diseño de obras de drenaje pluvial y sistemas de control de escorrentía. Ante esta limitación, se recurre a métodos empíricos basados en la experiencia técnica y en la aplicación de leyes de regresión sobre los valores modales de precipitación. La metodología empleada parte del conocimiento de un punto de referencia: el valor modal de la precipitación para una duración determinada, obtenido mediante la distribución de Gumbel para eventos extremos. Este valor se expresa mediante la siguiente relación:

$$h_{(t,T)} = h_{(d,t)} * \left(\frac{t}{a}\right)^b \quad (28)$$

Dónde:

$h_{(t,T)}$: Altura de lluvia para distintos periodos de retorno y duración de lluvia (mm).

$h_{(d,t)}$: Altura de lluvias máxima diarias para distintos periodos de retorno y duración (mm).

t : Duración de lluvia (min).

a : Duración media de precipitación máxima (12 min).

b: Forma del comportamiento de la precipitación (0,2-0,3).

2.4.3. Frecuencia de lluvias.

El período de retorno de diseño es un factor importante para la determinación de la capacidad de redes de alcantarillado pluvial y la prevención de inundaciones en vías, áreas urbanas y plazas, por los riesgos y daños a la propiedad, daños personales y al tráfico vehicular. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio. (Ministerio del Agua 2007 p.72).

- a) Frecuencias de 1 año a 2 años Se utilizan para redes de áreas urbanas y suburbanas.
- b) Frecuencias de 2 años a 5 años Se utilizan para redes de áreas urbanas residenciales y comerciales.
- c) Frecuencias de 10 años Para colectores de segundo orden como canalización de riachuelos.
- d) Frecuencias de 20 años a 50 años Se adoptan para el diseño de obras especiales como emisarios (canalizaciones de primer orden).
- e) Frecuencias de 100 años Se utilizan para ríos principales que constituyen el sistema de drenaje global de la cuenca.

En general la frecuencia de las precipitaciones debe ser balanceada entre inversión y riesgo. En este sentido, es necesario decidir con criterio las frecuencias elegidas, muchas veces dejando que los sistemas pluviales se sobrecarguen en precipitaciones excepcionales, permitiendo así viabilizar su necesidad y financiamiento. (Ministerio del Agua 2007 p.73).

2.4.4. Canaletas.

Los diámetros y secciones de canaletas se calcularán tomando en cuenta las áreas de drenaje en techos o cubiertas y la intensidad de las lluvias. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p.249).

2.4.4.1. Ecuaciones de diseño.

Se podrán aplicar las siguientes ecuaciones para condiciones de flujo libre:

Ecuación de Manning: (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p.250).

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} \quad (29)$$

Donde:

V: Velocidad del flujo (m/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

R: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente hidráulica (m/m).

Tirante normal en el tramo:

$$Y_n = \frac{1,31576}{D^{0,3558}} * \left(\frac{n*Q}{S^{0,5}}\right)^{0,508427} \quad (30)$$

Dónde:

Y_n : Tirante normal en el tramo (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

n: Coeficiente de rugosidad.

Q: Máximo caudal (m³/s).

S: Pendiente de la sección (m/m).

Ángulo central:

$$\theta = 2 * \arccos\left(1 - \frac{2*y}{D}\right) \quad (31)$$

θ : Ángulo central (°).

y: Tirante normal en el tramo (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

Área:

$$A = \frac{D^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \quad (32)$$

Dónde:

A: Área de la sección (m²).

D: Diámetro de la tubería (m).

θ: Ángulo central (radianes).

Perímetro:

$$P = \frac{D \cdot \theta}{2} \quad (33)$$

Dónde:

P: Perímetro de la sección (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

θ: Ángulo central (radianes).

Radio Hidráulico:

$$RH = \frac{A}{P} \quad (34)$$

Dónde:

RH: Radio Hidráulico de la sección (m).

A: Área de la sección (m²).

P: Perímetro de la sección (m).

El coeficiente de rugosidad “n” de la fórmula de Manning para alcantarillados pluviales principalmente depende de la forma y del tipo de material y/o canal. Ver Tabla 2.13.

Tabla 2.13. Valores del coeficiente de rugosidad.

Material	n
Hormigón liso	0,011
Hormigón, superficie en mortero	0,013
PVC	0,01
Metal corrugado para aguas pluviales	0,024

Fuente: Ministerio del Agua (2007).

2.4.4. Bajantes pluviales.

El diseño de las bajantes pluviales deberá garantizar condiciones de escurrimiento libre, con una relación de carga relativa $h/D < 0,20$ (carga hidráulica vs diámetro de la bajante), a objeto de evitar las sub presiones o sobre presiones que pudieran afectar

el flujo normal y garantizando la condicione de flujo libre. (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p. 252).

El diámetro de las bajantes pluviales se podrá determinar aplicando la Tabla 2.14, en función a la intensidad de la lluvia considerada en el diseño, para diferentes diámetros de la bajante.

Tabla 2.14. Bajantes de aguas pluviales.

Diámetro nominal de la bajante (mm) DN	Intensidad de la lluvia en mm/h					
	50	75	100	125	150	200
DN	Área servida en proyección horizontal (m ²)					
75	128	85	64	51	43	32
100	257	171	129	103	86	64
150	686	457	343	274	229	172
200	1.377	918	688	551	459	344

Fuente: MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

La pendiente de las tuberías horizontales será uniforme y no menor al 1% para diámetros DN 100, 101,60 mm (4") y mayor al 1,5% para diámetros iguales o menores a DN 75, 76,20 (3"). (MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p. 252).

2.4.5. Alcantarillado Pluvial.

2.4.5.1. Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido o de flujo en el colector. El tiempo de concentración está dado por la Ec.35: (Ministerio del Agua 2007 p.75).

$$T_C = T_e + T_t \quad (35)$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración (min).

T_e : Tiempo de entrada (min).

T_t : Tiempo de recorrido o de flujo (min).

2.4.5.2. Tiempo de entrada.

El tiempo de entrada mínimo es 5 minutos. Si dos o más colectores confluyen a la misma estructura de conexión, debe considerarse como tiempo de concentración en ese punto el mayor de los tiempos de concentración de los respectivos colectores. (Ministerio del Agua 2007 p. 75).

2.4.5.3. Tiempo de recorrido.

Dado que el tiempo (T_t) debe corresponder a la velocidad real del flujo en el colector, el tiempo de concentración debe determinarse mediante un proceso iterativo, tal como se describe a continuación:

- a) Suponer un valor de la velocidad real en el colector
- b) Calcular T_t
- c) Calcular T_e
- d) Obtener T_c
- e) Obtener i para este valor de T_c y el periodo de retorno adoptado
- f) Estimar Q con el método racional
- g) Con este valor de Q , estimar T_t real; si el valor de T_t estimado en el inciso b) difiere en más de 0% por defecto o exceso con respecto al valor calculado en el paso g), es necesario volver a repetir el proceso.

El tiempo de concentración mínimo en cámaras de arranque es 0 minutos y máximo 20 minutos. El tiempo de entrada mínimo es 5 minutos. Si dos o más colectores confluyen a la misma estructura de conexión, debe considerarse como tiempo de concentración en ese punto el mayor de los tiempos de concentración de los respectivos colectores. (Ministerio del Agua 2007 p.77).

El tiempo de recorrido en un colector se debe calcular con la Ec.36. (Ministerio del Agua 2007 p.76).

$$T_t = \frac{L_c}{60 \cdot V_m} \quad (36)$$

Donde:

T_t : Tiempo de recorrido o de flujo (min).

L_c : Longitud del colector (m).

V_m : Velocidad media del flujo en el colector (m/s).

2.4.5.4. Diámetro mínimo

En las redes de recolección y evacuación de aguas pluviales, y principalmente en los primeros tramos, la sección circular es la más usual para los colectores. El diámetro interno mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales es 200 mm (8 plg). Sin embargo, en casos especiales, y con la justificación del proyectista, puede reducirse en los tramos iniciales a 150 mm (6 plg). (Ministerio del Agua 2007 p.78).

2.4.5.5. Profundidad mínima.

La profundidad del colector, medida desde el nivel de piso terminado a la clave del tubo, deberá cumplir con las mínimas indicadas en la Tabla 2.15. (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias p.200).

Tabla 2.15. Profundidad mínima para Drenaje Pluvial.

Cargas	Profundidad mínima (m)
Circulación peatonal al interior de lotes, jardines.	0,30
Circulación peatonal en aceras y veredas públicas.	0,30
Tráfico de vehículos livianos.	0,80
Tráfico de vehículos pesados.	1,20

Fuente: MMA y A. Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Se debe tomar en cuenta que la misma profundidad es tanto para Alcantarillado Sanitario como para Drenaje Pluvial.

2.4.5.5. Tensión tractiva mínima.

La fuerza tractiva debe ser suficiente para transportar el 95 % del material granular que se estima entra al sistema de alcantarillado pluvial.

Con el objeto de permitir la condición de auto limpieza de colectores, la tensión tractiva mínima admisible para sistemas de alcantarillado pluvial debe ser de 1,5 Pa. (Ministerio del Agua 2007 p. 78).

Está definida por la Ec.37:

$$\tau = \rho * g * RH * S \quad (37)$$

Donde:

τ : Tensión tractiva media o tensión de arrastre (Pa).

P: Densidad del agua, 1000 (kg/m³).

g: Aceleración de la gravedad (9,81m/s²).

RH: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente del tramo de tubería (m/m).

2.4.5.6. Pendiente.

Las pendientes de los colectores deben seleccionarse de tal forma que se ajusten a la topografía del terreno. En tramos en que la pendiente natural del terreno sea muy baja, deben verificarse detalladamente las tensiones tractivas, mientras que, si ésta es demasiado pronunciada, es necesario establecer un número apropiado de estructuras de caída para que los tramos cortos resultantes tengan la pendiente adecuada.

El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de auto limpieza. La pendiente de colector debe ser calculada con el criterio de la tensión tractiva.

La pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tiene una velocidad en la tubería igual a 5,0 m/s para un caudal de final del plan de proyecto. (Ministerio del Agua 2007 p. 79).

CAPÍTULO III: MEMORIA DE CÁLCULO.

3.1. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

3.1.1. Cálculo de la demanda de artefactos sanitarios.

Se conoce como Unidad Mueble (UM) a toda descarga de agua por parte de los artefactos sanitarios, en nuestro país también se lo conoce como Unidad Gasto (UG).

Para determinar la demanda de los artefactos sanitarios se recurrió a tablas de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en edificios (México). (Ver Tabla 2.1. p.7).

Se realizó un análisis detallado del plano arquitectónico correspondiente al Centro de Salud en estudio. Este procedimiento contempló la verificación de la distribución espacial de los ambientes destinados a servicios higiénicos, así como la compatibilidad dimensional de los artefactos sanitarios propuestos

Posteriormente, se llevó a cabo la cuantificación específica de los artefactos sanitarios que demandan suministro de agua fría, considerando tanto su ubicación como su función dentro del sistema hidráulico general del Centro de Salud. Esta cuantificación se presenta de forma sistematizada en la Tabla 3.1, la cual resume los elementos inventariados y constituye la base para el dimensionamiento de las instalaciones sanitarias correspondientes.

Tabla 3.1. Cuantificación de artefactos sanitarios.

Artefacto Sanitario	Cantidad
Lavamanos (LM)	28
Lavaplatos (LP)	5
Lavarropa (LR)	2
Inodoro (I)	18
Urinario (U)	1
Ducha (D)	6

Fuente: Elaboración propia.

La asignación de unidades mueble para cada artefacto sanitario se realizó conforme a los valores establecidos en la Tabla 2.1. (Ver p.7). Estos valores consideran un margen conservador, dado que los artefactos sanitarios tradicionales presentaban consumos elevados de agua. Sin embargo, en la actualidad, los modelos han evolucionado hacia tecnologías de bajo consumo, conocidos como artefactos ahorradores de agua, los cuales

optimizan el uso del recurso hídrico y reducen el desperdicio, aunque su costo suele ser más elevado.

En función de esta evolución tecnológica, se ajustaron los valores de unidad mueble para ciertos artefactos sanitarios, tal como se detalla en la Tabla 3.2. Cabe señalar que el presente proyecto no presenta restricciones respecto al tipo de artefacto a utilizar, por lo que se propone la incorporación de modelos modernos con eficiencia hídrica, contribuyendo así a la sostenibilidad del sistema.

Tabla 3.2. Demandas de artefactos sanitarios.

Artefacto Sanitario	Demandas de Agua Fría (UM)	
	Tabla 2.1.	Valor Ajustado
Lavamanos (LM)	2	1,5
Lavaplatos (LP)	2	1,5
Lavarropa (LR)	4	4
Inodoro (I)	5	4,5
Urinario (U)	5	4
Ducha (D)	4	4

Fuente: Elaboración propia.

Una vez cuantificados los artefactos sanitarios y asignadas sus respectivas Unidades Mueble (UM), se procede a la estimación del caudal máximo probable mediante el método de Hunter.

Este procedimiento permite transformar las demandas en un caudal de diseño, considerando el uso simultáneo y probabilístico de los artefactos. El cálculo se realiza aplicando la Ec.1. (Ver p.7).

3.1.2. Dimensionamiento de la red de distribución de agua.

Se realizó el dimensionamiento de las redes de distribución de agua fría de acuerdo a los siguientes criterios:

- El material adoptado para la red de distribución de agua fría es PVC, ya que este material fue aprobado por el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.
- Para el cálculo de la velocidad se utilizó la Ecuación de Continuidad.
- Para el cálculo de pérdida de carga h_f , se utilizó la fórmula de Hazen-Williams y

para la pérdida de carga localizada mediante el método de longitud de tubería equivalente.

- Los valores adoptados en longitud equivalente expresada en tuberías en (m) de tubería equivalente.

Tabla 3.3. Longitudes equivalentes.

Accesorios	Le (m)
Entrada	0,50
Salida	0,50
Válvula	0,20
Codo	0,30
Tee	0,50
Reducción	0,40

Fuente: García, J. (2006).

- El valor adoptado del coeficiente de fricción “C” es 150.
- Para la altura geométrica o cota terreno se tomó como referencia el plano arquitectónico y las alturas comunes de los artefactos sanitarios.
- Para garantizar la operatividad eficiente del sistema, se adoptaron alturas estándar de montaje para cada tipo de artefacto sanitario, conforme a las especificaciones comerciales y normativas técnicas vigentes.
- Asimismo, se aplicaron criterios de diseño conservadores orientados a asegurar la seguridad hidráulica del sistema, minimizando el riesgo de pérdidas de carga excesivas y favoreciendo un flujo adecuado en las redes de distribución. Ver tabla 3.4.

Tabla 3.4. Altura de Artefactos Sanitarios.

Artefacto Sanitario	Altura (m)
Lavamanos (LM)	1,20
Lavaplatos (LP)	1,20
Lavarropa (LR)	1,20
Inodoro (I)	0,40
Urinario (U)	1,20
Ducha (D)	2,00

Fuente: Elaboración propia.

- Los diámetros seleccionados y requeridos para el dimensionamiento de la red fueron de 2", 1 ½", ¾" y ½", en función de los caudales estimados, para el

cumplimiento de las velocidades y presiones de la red.

- Mediante la aplicación del método de Hunter, se obtuvo un caudal total de diseño de 2,62 l/s.
- La velocidad de flujo en las tuberías de distribución cumplió con el valor máximo admisible de 2,5 m/s en tuberías de agua potable según indicación del Reglamento Nacional de Instalaciones Domiciliarias.
- En todos los puntos de la red, la presión dinámica mínima registrada fue superior a 2 metros de columna de agua (mca), cumpliendo con los requerimientos hidráulicos establecidos para garantizar el funcionamiento adecuado de los artefactos sanitarios.

Para calcular la pérdida de carga se realizó el siguiente cálculo matemático: tomando de ejemplo los primeros tramos. Ver Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Cálculo de pérdida de carga de los primeros tramos.

Tramo		Gasto Acumulado (l/s)	Diámetro		Accesorios						Longitud total (m)	Pérdida de carga (m)	Pérdida de carga acumulada (m)
De	A		(pulg)	(m)	Entrada	Salida	Válvula	Codos	Tee	Reducción			
TQ1	P1a	2,62	2	0,05	1,00		1,00				7,80	0,26	0,26
P1a	P1	2,62	2	0,05				1,00			1,15	0,04	0,30
P1	P2	2,44	2	0,05					1,00		1,54	0,04	0,30
P2	P3	1,61	1 1/2	0,04					1,00	1,00	1,11	0,06	0,36

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicó un procedimiento uniforme para la determinación de las características hidráulicas de todos los artefactos sanitarios considerados en el proyecto, garantizando la homogeneidad metodológica en la estimación de caudales y pérdidas de carga; en este sentido, se elaboró y adjuntó en los Anexos la planilla de cálculo correspondiente, en la cual se consignan los valores obtenidos, adicionalmente, para establecer la presión mínima necesaria en el sistema se procedió a realizar un cálculo matemático detallado, tomando como referencia los primeros tramos de la red de distribución, lo que permitió ejemplificar el procedimiento y verificar la consistencia de los resultados. Ver Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Presión necesaria de los primeros tramos.

Tramo		Gasto Acumulado (l/s)	Diámetro		Pérdida de carga acumulada (m)	COTA TERRENO		PRESIÓN ESTÁTICA		PRESIÓN DINAMICA >2 mca	
De	A		(pulg)	(m)		Entrada (m.s.n.m)	Salida (m.s.n.m)	Entrada (m.c.a.)	Salida (m.c.a.)	Entrada (m.c.a.)	Salida (m.c.a.)
TQ1	P1a	2,62	2	0,05	0,26	0,00	0,00	7,10	7,10	7,10	6,84
P1a	P1	2,62	2	0,05	0,30	0,00	0,00	7,10	7,10	6,84	6,80
P1	P2	2,44	2	0,05	0,30	0,00	0,00	7,10	7,10	6,80	6,80
P2	P3	1,61	1 1/2	0,04	0,36	0,00	0,00	7,10	7,10	6,80	6,74

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicó el mismo procedimiento para todos los artefactos sanitarios. Se adjuntó la planilla de cálculo de presión necesaria en Anexos.

3.1.3. Diseño del Tanque de Almacenamiento.

Se realizó el diseño del tanque de almacenamiento según criterios del Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias:

- El volumen de almacenamiento no deberá ser ningún caso inferior a consumo diario del inmueble, ni menor a 500 L.

Para dimensionar adecuadamente el volumen de agua requerido en el diseño del tanque de almacenamiento del Centro de Salud, es necesario determinar el consumo diario del proyecto.

Este cálculo se basa en la dotación per cápita neta asignada a cada usuario, considerando la funcionalidad de los ambientes, la dotación mínima establecida por Reglamento y la estimación de personas atendidas durante la jornada operativa.

El procedimiento contempla los siguientes criterios:

- Descripción de ambientes: Se identifican y clasifican los espacios funcionales del establecimiento (consultorios, laboratorio, farmacia, sala de espera, entre otros). Ver Tabla 3.7.
- Estimación de usuarios diarios: Se proyecta el número de pacientes, durante un día típico de atención.
-

Tabla 3.7. Descripción de ambientes.

Ambiente	Cantidad
Consultorios	14
Camas	4
Pacientes	20
Total	38

Fuente: Elaboración propia.

- Dotación mínima por ambiente: Se aplican los valores de dotación establecidos en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, diferenciando por tipo de usuario y actividad. Ver Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Dotación diaria de cada ambiente.

Ambiente	Cantidad	Dotación	Unidad
Personal Médico	14	50	l/persona/d
Camas	4	500	l/cama/d
Pacientes	20	20	l/persona/d

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, para el cálculo de la dotación en el ambiente de consultorios, se considera que el consumo de agua corresponde al personal médico asignado a cada área de atención, incluyendo un profesional adicional (enfermera o auxiliar) como previsión operativa. Esta medida permite cubrir eventuales incrementos en la demanda interna o actividades complementarias de apoyo clínico. Para la dotación se realizó el siguiente cálculo matemático tomando como ejemplo “Personal Médico”.

$$\text{Dotación diaria} = \text{Personal Médico} * \text{Dotación adoptada}$$

$$\text{Dotación diaria} = 14 \text{ personas} * 50 \text{ l/persona/d}$$

$$\text{Dotación diaria} = 700 \text{ l/d}$$

Se realizó el mismo procedimiento para los demás ambientes, obteniendo los siguientes resultados. Ver Tabla 3.9.

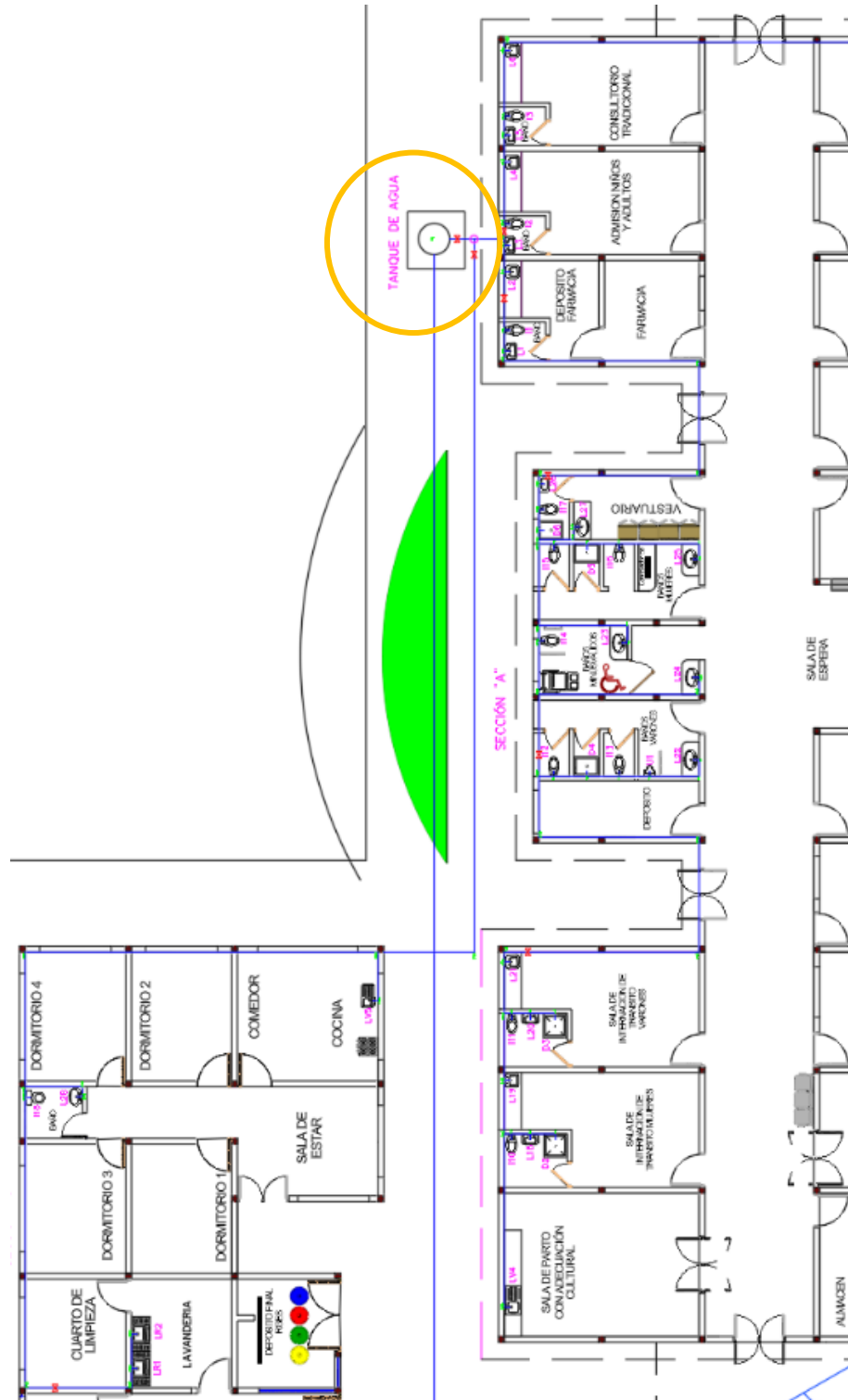
Tabla 3.9. Dotación diaria.

Ambiente	Dotación	Dotación diaria (l/d)
14 personas	50 l/persona/d	700
4 camas	500 l/cama/d	2000
20 pacientes	20 l/persona/d	400
Total		3100

Fuente: Elaboración propia.

- Horario de funcionamiento: Se considera que el centro de salud opera en jornada continua de 8 horas diarias.
- La localización definitiva del tanque de almacenamiento fue establecida mediante un análisis integral que consideró tanto los principios fundamentales del diseño hidráulico como la configuración arquitectónica del proyecto del Centro de Salud. Este proceso de selección se sustentó en una serie de criterios técnicos orientados a garantizar la eficiencia operativa, la seguridad estructural y la funcionalidad del sistema hidrosanitario.
- Para ello, se consideraron aspectos como: Accesibilidad para operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo, asegurando que el tanque pueda ser inspeccionado, limpiado y reparado sin interferencias con otras instalaciones ni riesgos para el personal técnico. Proximidad relativa a los puntos de consumo, con el fin de minimizar las pérdidas de carga en la red de distribución y optimizar el rendimiento hidráulico del sistema. Disponibilidad y aprovechamiento del espacio físico, considerando las restricciones del terreno y la integración estética con el entorno arquitectónico. Optimización de la presión en la red, mediante la ubicación estratégica del tanque en una cota que permita mantener presiones adecuadas en los distintos ramales del sistema, evitando tanto sobrepresiones como caídas críticas. (Ver Figura 1).
- Finalmente, el consumo diario obtenido del Centro de Salud es de 3.100 litros por día. Con base en este valor, y aplicando la Ec.4 (Ver p.10), se procedió al cálculo del volumen total requerido para el tanque de almacenamiento, incorporando: Un volumen de reserva para protección contra incendios de 1.500 litros de acuerdo al Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, y un volumen adicional para otros usos operativos (limpieza, mantenimiento, riego, etc.) estimado en 400 litros.
- La suma de estos componentes da como resultado un volumen total de almacenamiento de 5.000 litros, equivalente a 5 metros cúbicos, valor que se adopta para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

Figura 3.1. Ubicación del tanque de almacenamiento.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. DISEÑO DE LA RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

3.2.1. Dimensionamiento de los ramales de descarga y ramales sanitarios.

Se realizó el dimensionamiento de los ramales de descarga según los siguientes criterios:

- Para la estimación del número de unidades de descarga, se tomó como referencia la Tabla 2.4 del Instituto Mexicano del Seguro Social, la cual establece valores estándar según el tipo de aparato sanitario y la Tabla 2.5. del Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, el cual establece valores para artefactos sanitarios no contemplados. No obstante, considerando criterios técnicos complementarios, se adoptaron valores ajustados que optimizan el dimensionamiento sin comprometer la seguridad hidráulica del sistema. Ver Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Unidades Mueble de los artefactos sanitarios.

Artefacto Sanitario	Unidad Mueble (UM)
Lavamanos (LM)	2
Lavaplatos (LP)	3
Lavarropa (LR)	3
Inodoro (I)	6
Urinario (U)	5
Ducha (D)	2
Rejilla de Piso (RP)	2

Fuente: Elaboración propia.

- La selección del diámetro de los ramales se realizó en función del tipo de descarga asociada a cada aparato sanitario. Para descargas predominantemente líquidas, se adoptó un diámetro de 2" (50 mm), exceptuando los lavamanos, cuya descarga fue optimizada a 1 ½" (38 mm) debido a su bajo caudal. En el caso de descargas que transportan sólidos, como las provenientes de inodoros, se estableció un diámetro de 4" (100 mm).
- En cada ambiente sanitario que integraba aparatos como lavamanos, duchas, lavarropas, lavaplatos y rejillas de piso, todos los ramales de descarga fueron conectados a una caja sifonada (CS).
- Se uniformizó los ramales de descarga a una pendiente mínima del 2%.
- La determinación del caudal de descarga de los artefactos sanitarios se realizó aplicando el mismo enfoque utilizado para el dimensionamiento de la red de agua

potable, empleando la Ec. 1 (Ver p.7) del método propuesto por Hunter.

- Mediante la aplicación del método de Hunter, se obtuvo un caudal total de diseño de 3,47 l/s.
- Se dispuso una cámara de inspección en cada punto de quiebre de la red y descargas de ambientes, alcanzando un total de 16 unidades distribuidas estratégicamente. Esta configuración permite facilitar las labores de limpieza, inspección y mantenimiento.
- Se efectuó el cálculo hidráulico para una conducción de flujo a sección llena, aplicando las relaciones geométricas correspondientes a una sección circular. Para ello, se consideraron parámetros como, el área de la sección (Ec.7. Ver p.15), el perímetro mojado (Ec.8 Ver p.15), el radio hidráulico (Ec.9 Ver p.15).
- La velocidad del flujo fue determinada mediante la aplicación de la fórmula de Manning.
- Se utilizó un coeficiente de rugosidad de 0,013 según el Ministerio de Agua.

Para el cálculo de sección llena se realizó el siguiente cálculo matemático: tomando de ejemplo los primeros tramos. Ver Tabla 3.11.

Tabla 3.11. Cálculo a sección llena.

Tramo	Cámara de Salida	Cámara de Llegada	Longitud (m)	Caudal		Pendiente (%)	Diámetro		Tubo Lleno				
	De	A		Diseño (L/s)	Diseño (m³/s)		(plg)	(m)	A (m²)	P (m)	RH (m)	V (m/s)	Caudal "Q" (L/s)
1	LR1	CS1	0,96	0,13	0,00013	2%	2	0,051	0,002	0,160	0,013	0,59	0,0012
2	LR2	CS1	1,46	0,13	0,00013	2%	2	0,051	0,002	0,160	0,013	0,59	0,0012
3	RP1	CS1	0,55	0,10	0,00010	2%	2	0,051	0,002	0,160	0,013	0,59	0,0012
4	CS1	a1	1,10	0,28	0,00028	2%	2	0,051	0,002	0,160	0,013	0,59	0,0012

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicó el mismo procedimiento para todos los artefactos sanitarios. Se adjuntó la planilla de cálculo de sección llena en Anexos.

- El comportamiento hidráulico real de la tubería corresponde a una condición de flujo en sección parcialmente llena, considerando parámetros como el tirante normal en el tramo (Ec.10. Ver p.16), ángulo central (Ec.11. Ver p.16), el área mojada (Ec.12. Ver p.16), perímetro mojado (Ec.13. Ver p.16), radio hidráulico

(Ec.14. Ver p.17).

Para el cálculo de sección parcialmente llena se realizó el siguiente cálculo matemático: tomando de ejemplo los primeros tramos. Ver Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Cálculo a sección parcialmente llena.

Tramo	Cámara de Salida	Cámara de Llegada	Longitud (m)	Caudal		Pendiente (%)	Diámetro		Función Real a Media Sección						
	De	A		Diseño (L/s)	Diseño (m³/s)		(plg)	(m)	Yn	Y/D	TTTA°	A (m²)	P (m)	RH (m)	Vreal (m/s)
1	LR1	CS1	0,96	0,13	0,00013	2%	2	0,051	0,01	0,24	117,20	0,0004	0,052	0,007	0,40
2	LR2	CS1	1,46	0,13	0,00013	2%	2	0,051	0,01	0,24	117,20	0,0004	0,052	0,007	0,40
3	RP1	CS1	0,55	0,10	0,00010	2%	2	0,051	0,01	0,21	107,88	0,0003	0,048	0,006	0,37
4	CS1	a1	1,10	0,28	0,00028	2%	2	0,051	0,02	0,35	144,13	0,0006	0,064	0,010	0,50

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicó el mismo procedimiento para todos los tramos. Se adjuntó la planilla de cálculo de sección parcialmente llena en Anexos. Se debe tomar en cuenta que la velocidad que se calcula en esta sección es la Velocidad Real con la que trabaja el tramo, por tanto, es la que se debe controlar que no exceda los 5 m/s.

- La tensión tractiva fue determinada aplicando la Ec.15. (Ver p.17) El cálculo se desarrolló considerando el producto entre la densidad del agua, la gravedad, el radio hidráulico y la pendiente del tramo, tomando como ejemplo el primer tramo:
- Datos:
- ρ : 1000 kg/m³
- g : 9,81 m/s²
- R_H : 0,007 m
- S : 0,02 m/m

$$\tau = 1000 * 9,81 * 0,007 * 0,02$$

$$\tau = 1,41 \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

Se aplicó el mismo procedimiento para todos los tramos, tomando como ejemplo los primeros tramos. Ver Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Tensión tractiva

Tramo	Cámara de Salida	Cámara de Llegada	Longitud (m)	Caudal		Pendiente (%)	Diámetro		Tensión Tractiva (N/m ²)	Prueba
	De	A		Diseño (L/s)	Diseño (m ³ /s)		(plg)	(m)		
1	LR1	CS1	0,96	0,13	0,00013	2%	2	0,051	1,41	CUMPLE
2	LR2	CS1	1,46	0,13	0,00013	2%	2	0,051	1,41	CUMPLE
3	RP1	CS1	0,55	0,10	0,00010	2%	2	0,051	1,23	CUMPLE
4	CS1	a1	1,10	0,28	0,00028	2%	2	0,051	1,91	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

La planilla de cálculo de tensión tractiva se adjunta en los Anexos, donde se detallan los valores obtenidos para cada tramo de la red. Cabe destacar que, según los lineamientos establecidos por el Ministerio del Agua (2007), la tensión tractiva mínima requerida para garantizar el criterio de autolimpieza en el sistema no debe ser inferior a 0,60 Pa. En todos los tramos analizados se verificó que los valores calculados superan dicho umbral, lo que confirma la eficiencia hidráulica y la capacidad de autodepuración del sistema diseñado.

3.2.2. Planta de Tratamiento.

3.2.2.1. Cálculo de caudal de diseño.

El caudal medio de diseño fue determinado en función de los siguientes criterios técnicos:

- Se consideró la variabilidad horaria típica de atención en centros de salud (8, 12 y 24 horas). Dado que el proyecto está orientado a la comunidad rural de Santa Ana La Nueva, se adoptó un régimen de funcionamiento de 8 horas diarias, conforme a la práctica habitual en establecimientos de primer nivel en zonas rurales. Ver Tabla 3.14.
- A partir del cálculo del volumen requerido para el tanque de almacenamiento, se obtuvo una dotación de 3100 l/d, valor que se utilizó como base para el cálculo del caudal medio de diseño. Este parámetro es fundamental para el correcto dimensionamiento de los componentes hidráulicos de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- El diseño del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales arrojó un caudal máximo de 3,47 L/s, el cual se empleará como referencia para la verificación hidráulica del funcionamiento de la cámara séptica, asegurando que

su capacidad responda adecuadamente a las condiciones de carga máxima.

Tabla 3.14. Caudal medio de diseño.

Horas	Caudal medio (l/s)
24	0,04
12	0,07
8	0,11

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del análisis de dotación diaria y condiciones operativas del centro de salud proyectado, se establece que el caudal medio de diseño adoptado para el dimensionamiento hidráulico de los componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales es de 0,11 L/s (9,30 m³/d). Este valor representa el flujo promedio esperado durante la jornada de funcionamiento habitual (8 horas), y constituye la base para la selección y verificación de los componentes de la planta de tratamiento.

3.2.2.2. Dimensionamiento del Tratamiento primario.

Para el tratamiento primario se eligió como unidad de tratamiento la Cámara Séptica o también denominado como Tanque Séptico. Se realizó el dimensionamiento del tanque séptico en base a los siguientes criterios:

- La elección del tanque séptico como componente del sistema de tratamiento se fundamenta en su baja demanda operativa y facilidad de mantenimiento, aspectos clave en contextos rurales con recursos limitados. Se establece que la inspección interna se realizará con una frecuencia anual, prestando especial atención a su estanqueidad, comprobando que no se producen fugas ni intrusión de aguas por infiltración y revisando las zonas de entrada y salida de las aguas.
- Simplifican la gestión de los lodos, al permitir su extracción una vez mineralizado, tras meses de acumulación.
- Presentan un nulo impacto visual al disponerse enterrados.
- Para los parámetros de calidad que se necesitan en el dimensionamiento como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se tomó valores referenciales de la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales, optando la contaminación de las aguas residuales de media a fuerte, (Ver Tabla 2.7. p.19).

- Para el número de unidades de tratamiento se optó por 1 unidad de tratamiento con 2 compartimentos.

El procedimiento seguido para la determinación de los parámetros hidráulicos se desarrolló conforme a criterios técnicos y normativos, considerando las condiciones específicas del proyecto.

A continuación, se detallan las etapas principales del cálculo:

- Para el Volumen útil del tanque séptico se utiliza la Ec.20. (Ver p.21), donde el Tiempo de retención hidráulica se optó por 2 días (48 horas), de acuerdo a la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento que recomienda trabajar con valores de 2-3 días.
- $V = 2 * 9,30 = 18,59 \text{ m}^3$
- En lo referente a la profundidad hidráulica y geometría de los taques sépticos operan con alturas útiles de la lámina de agua superiores a 0,90 m, optando por una altura de 2 m. Se calcula la superficie del horizontal con la Ec.21. (Ver p.21).
- $S = \frac{18,59}{2} = 9,30 \text{ m}^2$
- Para las dimensiones del tanque la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento recomienda a 2/3 para el compartimento del tanque y en 1/3 para el segundo. Obteniendo las siguientes dimensiones:

Tabla 3.15. Predimensionamiento de la Cámara Séptica.

Longitud (m) L	Base (m) B	1° Compartimento $\frac{2}{3}L$	2° Compartimento $\frac{1}{3}L$
4,65	2,00	3,1	1,55

Fuente: Elaboración propia.

- Para la superficie obtenida, debe comprobarse que la carga hidráulica a caudal medio horario es $\leq 1,5 \text{ m/h}$. En caso contrario debe recalcularse la superficie y, a partir de ella y de la profundidad, obtener el volumen útil definitivo del Tanque Séptico.
- Para ello se utiliza la Ec.19. (Ver p.21).

- $C_{hQmed} = \frac{0,39}{9,30} = 0,04 \frac{m}{h}$

Efectivamente se comprueba la sección obtenida al caudal medio de 0,39 m³/h (0,11 l/s), obteniendo una carga hidráulica de 0,04 m/h inferior a 1,5 m/h.

- Ahora se comprueba a caudal máximo de diseño de 3,47 l/s (12,49 m³/h).
- $C_{hQmed} = \frac{12,49}{9,30} = 1,34 \frac{m}{h}$

De igual manera se comprueba la sección obtenida a caudal máximo obteniendo una carga hidráulica de 1,34 m/h inferior a 1,5 m/h.

- Para la altura de borde libre se optó por el valor de 0,30 m.
- Para el espesor de los muros del Tanque Séptico se adoptó un valor de 0,15 m, sin embargo, este valor está sujeto al diseño estructural.
- Para la estimación de la carga de lodos generada en el sistema de tratamiento, se consideró la zona ecológica “Los Valles”, correspondiente al entorno del centro de salud proyectado en Santa Ana La Nueva.
- Según la Tabla 2.8. se adopta una producción per cápita de lodos de 0,28 L/hab/d, equivalente a 11,2 g.m.s./hab/d (gramos de materia seca). Con una población proyectada de 38 habitantes, se obtiene una producción total de lodos de 10,64 l/d, lo que representa 0,43 kg.m.s./d, sin embargo, el centro opera 8 horas al día entonces la producción es de 0,14 kg.m.s./d. Este valor será utilizado para el dimensionamiento del sistema de acumulación y tratamiento de lodos.
- Para el porcentaje de eficiencia de remoción respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los sólidos en suspensión, de acuerdo a la Tabla 2.9. (Ver p.22), se optó por los siguientes valores: Demanda Bioquímica de Oxígeno: 30%, Demanda Química de Oxígeno: 20%, Sólidos en Suspensión 50%.
- Tomando en cuenta que los valores asumidos de los datos referenciales que proporciona la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de la Tabla 2.7. (Ver p.19), se trata de una contaminación fuerte en caracterización de las aguas residuales. Obteniendo como Resultado la Tabla 3.16.

- Estos indicadores reflejan una alta concentración de materia orgánica biodegradable, sólidos en suspensión y nutrientes, lo cual exige la implementación de procesos de tratamiento más complejos y robustos para garantizar el cumplimiento de los límites permisibles de vertido establecidos por la normativa ambiental.

Tabla 3.16. Eficiencias de la cámara séptica.

	EFICIENCIA (%)	DBO de ENTRADA (mg/l)	DBO de SALIDA (mg/l)
CÁMARA SEPTICA DE DOBLE COMPARTIMENTO	30,0%	250,00	175,00
	EFICIENCIA (%)	DQO de ENTRADA (mg/l)	DQO de SALIDA (mg/l)
CÁMARA SEPTICA DE DOBLE COMPARTIMENTO	20,0%	500,00	400,00
	EFICIENCIA (%)	SST de ENTRADA (mg/l)	SST de SALIDA (mg/l)
CÁMARA SEPTICA DE DOBLE COMPARTIMENTO	50,0%	350,00	175,00

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, las dimensiones definitivas de la cámara séptica, obtenidas tras el proceso de diseño con referente a la Guía y verificada respecto a la carga hidráulica obtenida a través del cálculo se muestra de manera detallada en los planos constructivos, se presenta un resumen de las dimensiones en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17. Dimensiones de la Cámara Séptica.

Nº de unidades	N	1,00	-
Largo	L	4,65	m
Ancho	b	2,00	m
Volumen Útil	V	18,59	m ³
Área por unidad	Área	9,30	m ²
Altura Útil	h	2,00	m
Altura del borde libre	hbl	0,30	m
Altura total	Ht	2,30	m

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.3. Dimensionamiento del tratamiento secundario.

Para el tratamiento secundario se eligió como unidad de tratamiento el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) ya que dicha unidad complementa a la Cámara Séptica, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Es recomendable bajo la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento para zonas ecológicas del Valle.
- El FAFA generalmente es enterrado por tanto no suelen precisar de bombeos para su alimentación, lo que simplifica sus labores de operación y mantenimiento al no contarse con equipos electromecánicos.
- Necesitan bajos requisitos de superficie para su construcción al trabajar con mayores cargas orgánicas que los tratamientos aerobios.
- En su generación de lodos, son estabilizados y en menor cantidad que en los tratamientos aerobios.

Para el dimensionamiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) se procedió tomando en cuenta lo siguiente:

- Para el número de unidades de tratamiento se optó por 1 unidad de tratamiento.
- Para la altura del medio permeable se adoptó un valor de 2 m cumpliendo con el mínimo establecido en la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de 1,20 m.
- El borde libre se optó un valor de 0,30 m
- Para el medio filtrante según recomendaciones de la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento se emplean piedras de 3-5 cm de tamaño (gravas).
- Para el porcentaje de eficiencia de remoción respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los sólidos en suspensión, de acuerdo a la Tabla 2.10. (Ver p.24), se optó por un valor de 80% en DBO_5 , 80% en DQO y un 75% en sólidos en suspensión. Tomando en cuenta que los valores asumidos de los datos referenciales que proporciona la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de la Tabla 2.7. (Ver

p.19), se trata de una contaminación fuerte en caracterización de las aguas residuales. La identificación de esta condición de contaminación fuerte ha sido esencial para orientar la selección de procesos unitarios adecuados en la línea de tratamiento. Obteniendo como Resultado la Tabla 3.18.

Tabla 3.18. Eficiencias del FAFA.

	EFICIENCIA (%)	DBO de ENTRADA (mg/l)	DBO de SALIDA (mg/l)
FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	80,0%	175,00	35,00
	EFICIENCIA (%)	SST de ENTRADA (mg/l)	SST de SALIDA (mg/l)
FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	75,0%	175,00	43,75
	EFICIENCIA (%)	DQO de ENTRADA (mg/l)	DQO de SALIDA (mg/l)
FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	75,0%	400,00	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar las dimensiones del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente se realizó el siguiente cálculo:

- Para el volumen útil del FAFA se adoptó un tiempo de retención hidráulico de 24 horas (1 día), se dimensionó con el caudal medio de 0,11 l/s.
- $V = 1 * 9,30 = 9,30 \text{ m}^3$

Como resultado del proceso de dimensionamiento hidráulico, se determinaron las dimensiones del FAFA, las cuales se presentan de manera resumida en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19. Dimensiones del FAFA.

N° de unidades	N	1,00	-
Largo	L	2,40	m
Ancho	b	2,00	m
Volumen Útil	V	9,60	m ³
Área por unidad	Área	4,80	m ²
Altura Útil	h	2,00	m
Altura del borde libre	hbl	0,30	m
Altura total	Ht	2,30	m

Fuente: Elaboración propia.

Según Van Haandel y Lettinga (1994) desarrollaron la Ec.23. (Ver p.24), para determinar los rendimientos de eliminación de DQO (rDQO) en los Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, es decir una comprobación del valor de 75% que se asumió en la Tabla 3.18.

$$rDQO = 100 * (1 - 0.87 * 24^{-0.5}) = 82 \%$$

Los resultados que se obtienen de la aplicación de esta fórmula deben tratarse con cautela, ya que fue desarrollada en un número reducido de plantas piloto de pequeña escala, operando en climas cálidos, por tanto, adoptar un 75% de eficiencia es considerable.

- Para la producción de lodos de acuerdo a la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento varía de 0,1-0,2 kg.m.s./kg DQO alimentado al reactor, se opta por un valor de 0,1 kg.m.s./kg DQO, con el valor de DQO de la eficiencia de remoción de 400 mg/l (0,0004 kg/l) y el caudal medio de 0,11 l/s (9.296,64 l/d) se realiza el siguiente cálculo:

$$rDQO = 0,1 * 0,0004 * 9.296,64 = 0,37 \text{ kg. m. s./d}$$

Obteniendo una producción de lodo de 0,37 kg.m.s./d.

- Finalmente, para la parte superior del falso fondo se dispone una losa perforada, que, en recomendación de la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento, el diámetro de los orificios debe ser de 2,5 cm separados entre 10-15 cm entre sí.
- Se calcula el número de orificios obteniendo un total de 14 filas y 4 columnas para cada tapa de 0,60 m de ancho y 2,00 m de largo, como son 4 tapas de la misma medida se tiene un total de 224 orificios en la losa perforada de 2,40 m de ancho y 2,00 m de largo.
- Para la losa del falso fondo del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente se realiza la perforación de los orificios de acuerdo a los planos que se detallan de manera sistemática en Anexos.

Se muestra los parámetros establecidos en el Anexo A-2 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica que se muestra en la Tabla 3.20.

Tabla. 3.20. Límites Permisibles para descargas líquidas.

NORMA PARÁMETROS	PROPUESTA	
	DIARIO	MES
Cobre (mg/l)	1,0	0,5
Zinc (mg/l)	3,0	1,5
Plomo (mg/l)	0,6	0,3
Cadmio (mg/l)	0,3	0,2
Arsénico (mg/l)	1,0	0,5
Cromo+3 (mg/l)	1,0	0,5
Cromo+6 (mg/l)	0,1	0,1
Mercurio (mg/l)	0,002	0,001
Fierro (mg/l)	1,0	0,5
Antimonio (&)(mg/l)	1,0	
Estaño (mg/l)	2,0	1,0
Cianuro libre (a) (mg/l)	0,2	0,1
Cianuro libre (b) (mg/l)	0,5	0,3
Ph (mg/l)	6-9	6-9
Temperatura (*) (mg/l)	±5 °C	±5 °C
Compuestos fenólicos (mg/l)	1,0	0,5
Sólidos Susp. Totales (mg/l)	60,0	
Colifecales (NMP/100 ml)	1000,0	
Aceite y Grasas (c) (mg/l)	10,0	
Aceite y Grasas (d) (mg/l)	20,0	
DBO5 (mg/l)	80,0	
DQO (e) (mg/l)	250,0	
DQO (f) (mg/l)	300,0	
Amonio como N (mg/l)	4,0	2,0
Sulfuros (mg/l)	2,0	1,0

Fuente: Reglamento en Contaminación Hídrica.

Finalmente, la eficiencia de remoción estimada para los componentes del sistema de tratamiento corresponde a los valores indicados en la Tabla 3.21, Tabla 3.22, Tabla 3.23, en cumplimiento con los parámetros establecidos en el Anexo A-2 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica que se muestra en la Tabla 3.20, el cual define los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes tratados en cuerpos receptores clasificados o no clasificados.

Dicho reglamento constituye el marco jurídico fundamental que regula el diseño, implementación y operación de los sistemas de tratamiento de aguas en el ámbito nacional, estableciendo lineamientos normativos que garantizan que las soluciones técnicas propuestas se ajusten a los estándares de calidad ambiental y a los principios de protección y conservación de los recursos hídricos; en este sentido, su aplicación no solo asegura la compatibilidad de los proyectos con la legislación vigente, sino que también

promueve la incorporación de criterios de sostenibilidad, eficiencia y seguridad en la gestión integral del agua, abarcando aspectos como la prevención de la contaminación, el control de descargas, la evaluación de impactos y la adopción de tecnologías apropiadas para cada contexto urbano o rural; de esta manera, el reglamento se convierte en una herramienta indispensable para los profesionales de la ingeniería civil y ambiental, al proporcionar parámetros técnicos y legales que orientan la planificación, ejecución y fiscalización de obras, contribuyendo a la consolidación de políticas públicas que buscan equilibrar el desarrollo socioeconómico con la preservación del medio ambiente y la salud de la población.

Tabla 3.21. Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

	EFICIENCIA (%)	DBO de ENTRADA (mg/l)	DBO de SALIDA (mg/l)	ANEXO A-2
CÁMARA SEPTICA DE DOBLE COMPARTIMENTO	30,0%	250,00	175,00	
FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	80,0%	175,00	35,00	
EFLUENTE FINAL			35,00	80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.22. Remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

	EFICIENCIA (%)	DQO de ENTRADA (mg/l)	DQO de SALIDA (mg/l)	ANEXO A-2
CÁMARA SEPTICA DE DOBLE COMPARTIMENTO	20,0%	500,00	400,00	
FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	75,0%	400,00	100,00	
EFLUENTE FINAL			100,00	250

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.23. Remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SS).

	EFICIENCIA (%)	SST de ENTRADA (mg/l)	SST de SALIDA (mg/l)	ANEXO A-2
CÁMARA SEPTICA DE DOBLE COMPARTIMENTO	50,0%	350,00	175,00	
FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	75,0%	175,00	43,75	
EFLUENTE FINAL			43,75	60

Fuente: Elaboración propia.

La disposición espacial de los procesos unitarios que conforman la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) fue definida con base en criterios de seguridad sanitaria, funcionalidad operativa y compatibilidad con el entorno construido. En particular, se priorizó la ubicación más alejada posible del centro de salud colindante, con el fin de minimizar cualquier riesgo potencial asociado a la proximidad de fuentes de emisión de olores, aerosoles o vectores biológicos.

No obstante, dicha ubicación fue seleccionada asegurando que los procesos unitarios permanezcan dentro de los límites del predio destinado al proyecto, respetando las restricciones físicas y legales del terreno.

La ubicación adoptada se representa gráficamente en la Figura 2, donde se puede observar la distribución de las unidades de tratamiento.

Figura 3.2. Ubicación de la PTAR.



Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.4. Pozo de Absorción.

En Bolivia, el diseño de pozos absorbentes para el tratamiento y disposición de aguas residuales domésticas en zonas rurales no cuenta con una normativa específica que establezca fórmulas empíricas estandarizadas para su dimensionamiento. No obstante, se pueden aplicar criterios técnicos basados en experiencias locales, propiedades del suelo y principios de ingeniería sanitaria. Sin embargo, considerando criterios técnicos de capacidad de infiltración, estabilidad estructural y experiencia en obras sanitarias rurales, se propone la construcción de un pozo cilíndrico de 2,00 m de diámetro y 4,00 m de profundidad.

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.

Se realizó el diseño del sistema de alcantarillado pluvial según los siguientes criterios:

- El material adoptado para los colectores pluviales es PVC, ya que este material fue aprobado por el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.
- Los colectores pluviales fueron diseñados siguiendo un trazo rectilíneo, con dispositivos de inspección llamados Cámaras de Inspección. Estas cámaras de limpieza nos permiten realizar la limpieza y desobstrucción de las tuberías.
- Los colectores del sistema de drenaje pluvial fueron diseñados de acuerdo al Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias y el Ministerio de Agua 2007 (NB 688).
- La distancia máxima entre cámaras de inspección fue de 30 m de manera que se facilite la limpieza y mantenimiento dentro del sistema.
- El coeficiente de escurrimiento se seleccionó de acuerdo al Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias en la Tabla 2.12. (Ver p.27), se adoptó un valor de 0,95 en cubiertas de metal (calamina) que corresponde a la cubierta del centro de salud.
- La profundidad de instalación de los colectores del sistema de drenaje pluvial fue determinada conforme a los lineamientos establecidos en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, priorizando la estabilidad estructural de las tuberías, la eficiencia hidráulica del sistema y la seguridad durante la

operación. Para garantizar una correcta transmisión de cargas y evitar asentamientos diferenciales, se consideró una base de asiento en el fondo de zanja compuesta por material granular seleccionado gravilla, arena o tierra suelta con un espesor mínimo de 0,10 m, tal como se especifica en la Tabla 2.15 del reglamento citado. Esta capa de preparación permite distribuir uniformemente las cargas sobre la tubería, reducir esfuerzos puntuales y facilitar el alineamiento durante la instalación.

- En consecuencia, la profundidad total de excavación requerida para la colocación de los colectores debe contemplar no solo el diámetro externo de la tubería y la pendiente de diseño, sino también el espesor de la base de asiento, lo que implica que la altura de zanja adoptada debe ser mayor a 0,10 m respecto al nivel inferior del tubo. Ver Tabla 2.15.

En función de la configuración arquitectónica del Centro de Salud con Internación de Primer Nivel en Santa Ana La Nueva, se identificaron y delimitaron las distintas áreas de aporte pluvial correspondientes a cubiertas, patios y zonas exteriores. Las cubiertas corresponden a las superficies techadas del edificio, las cuales presentan una alta impermeabilidad y, por tanto, generan un coeficiente de escorrentía elevado. Estas áreas constituyen la principal fuente de caudal concentrado, dado que la precipitación se colecta y conduce rápidamente hacia los sistemas de bajantes y canaletas. La delimitación precisa de estas áreas de aporte constituye un paso fundamental dentro del proceso de cálculo hidrológico, ya que permite asignar de manera adecuada los coeficientes de escorrentía y establecer la superficie efectiva de captación. De esta manera, se garantiza que el diseño de los colectores pluviales responda a las condiciones reales del emplazamiento, asegurando la eficiencia hidráulica del sistema y la protección de la infraestructura sanitaria frente a eventos de lluvia extrema.

Esta clasificación fue fundamental para el cálculo de caudales de diseño en el sistema de drenaje pluvial, permitiendo aplicar coeficientes de escorrentía diferenciados según el tipo de superficie.

Las superficies fueron cuantificadas mediante análisis planimétrico sobre los planos arquitectónicos, y sus valores se detallan en la Tabla 3.24.

El análisis planimétrico permitió cuantificar un área total de aporte de 0,124 hectáreas (1.240 m²).

Esta información fue fundamental para el cálculo de caudales de diseño del sistema de drenaje pluvial, permitiendo dimensionar canaletas, bajantes y colectores conforme a la intensidad de lluvia obtenida mediante análisis estadístico.

Tabla 3.24. Áreas de aporte.

CANALETA N°	ÁREA (m²)	ÁREA (Ha)
1	45,80	0,005
2	45,18	0,005
3	38,39	0,004
4	53,82	0,005
5	9,59	0,001
6	46,74	0,005
7	35,95	0,004
8	56,18	0,006
9	20,50	0,002
10	20,50	0,002
11	38,09	0,004
12	38,00	0,004
13	50,74	0,005
14	55,58	0,006
15	53,84	0,005
16	53,25	0,005
17	65,81	0,007
18	51,25	0,005
19	65,80	0,007
20	51,25	0,005
21	53,71	0,005
22	93,03	0,009
23	43,91	0,004
24	40,27	0,004
25	34,91	0,003
26	35,38	0,004
27	20,49	0,002
28	20,49	0,002

Fuente: Elaboración Propia.

- Para la obtención de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) y la formulación de la ecuación de intensidad de lluvia, se aplicó el método estadístico de Gumbel a los datos hidrológicos históricos registrados en la estación meteorológica El Tejar (Tarija).
- El análisis se realizó sobre series de precipitaciones máximas anuales, permitiendo ajustar los valores extremos mediante distribución de probabilidad. Ver Tabla 3.25.

Tabla 3.25. Precipitación Máxima.

EL TEJAR (TARIJA)	
AÑO	PRECIPTACIÓN MÁXIMA (mm)
2000	81,30
2001	90,00
2002	49,00
2003	53,2
2004	49,6
2005	43
2006	39
2007	43,3
2008	56,5
2009	40
2010	84
2011	65
2012	40
2013	0
2014	0
2015	180,4
2016	0
2017	88,6
2018	35
2019	64,6
2020	77
2021	62
2022	62
2023	49
2024	41,8

Fuente: Elaboración Propia.

El procedimiento estadístico se fundamentó en la aplicación de la distribución de Gumbel para eventos extremos.

Para ello, se trabajó exclusivamente con los valores máximos anuales registrados en la estación seleccionada, obteniéndose los siguientes parámetros característicos:

Tabla 3.26. Parámetros característicos:

N° datos	25,00
Media (hd)	55,77
Desviación (Sd)	36,01
Moda (Ed)	39,57
Caract.(Kd)	1,63

Fuente: Elaboración Propia.

- Se obtuvo la altura de lluvia máxima para distintos periodos de retorno (2, 3, 5, 10, 25 años) de acuerdo a la Ec.27. (Ver p.28), se obtuvo la Tabla 3.27. Para el ejemplo se tomó como referencia un periodo de retorno de 2 años y los parámetros característicos de la Tabla 3.26. correspondiente al análisis de las precipitaciones máximas anuales de la estación a analizar “El Tejar (Tarija)”.

$$h_{dT} = 39,57 * (1 + 1,63 * \log(2))$$

$$h_{dT} = 59,03 \text{ mm}$$

Tabla 3.27. Altura de lluvia máxima.

Periodo de retorno "T"	h _{dt} (mm)
2	59,03
3	70,41
5	84,75
10	104,21
25	129,94

Fuente: Elaboración Propia.

- Posterior a ello se determinó la altura de lluvia máxima Ec.28. (Ver p.29), en periodos de (0,10;0,20;0,30;0,40;0,50;1 hora) para distintos periodos de retorno, obteniendo la Tabla 3.28. Para el ejemplo de cálculo hidráulico se consideró como referencia una duración de 0,10 horas asociada a un periodo de retorno de 2 años, lo cual responde a la necesidad de establecer parámetros de diseño que reflejen condiciones de precipitación de corta duración y baja recurrencia, típicas de eventos hidrológicos frecuentes, pero de menor intensidad.

$$h_{(t,T)} = 59,03 * \left(\frac{0,10}{12}\right)^{0,2}$$

$$h_{(t,T)} = 22,66 \text{ mm}$$

Tabla 3.28. Altura de lluvia máxima horaria.

Altura de lluvia máxima horaria en (mm)						
Periodos de duración de lluvias en horas (t)						
Periodo de retorno "T" (años)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	1
2	22,66	26,03	28,23	29,90	31,26	35,91
3	27,03	31,05	33,67	35,66	37,29	42,84
5	32,53	37,37	40,53	42,93	44,89	51,56
10	40,00	45,95	49,83	52,78	55,19	63,40
25	49,88	57,29	62,13	65,81	68,82	79,05

Fuente: Elaboración Propia.

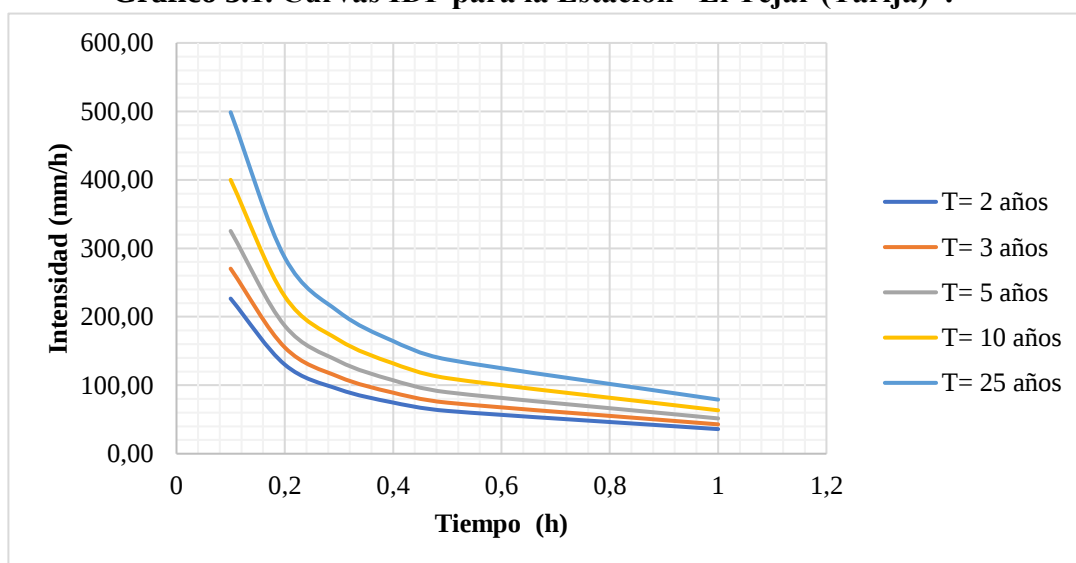
- Finalmente, para la obtención de las Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) se convirtió la altura de lluvia máxima horaria obtenida en la Tabla 3.28. a valores de Intensidad de lluvia en mm/h para distintos periodos de retorno y duraciones. Ver Tabla 3.29.

Tabla 3.29. Intensidad de lluvia.

Periodos de duración de lluvias en horas (t)						
Periodo de retorno "T" (años)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	1
2	226,58	130,14	94,09	74,74	62,52	35,91
3	270,28	155,23	112,23	89,16	74,58	42,84
5	325,32	186,85	135,09	107,32	89,77	51,56
10	400,02	229,75	166,11	131,96	110,38	63,40
25	498,76	286,46	207,11	164,53	137,63	79,05

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 3.1. Curvas IDF para la Estación “El Tejar (Tarija)”.



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a las características del área drenada se tomó como referencia a los tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores a 2 ha, donde el periodo de retorno mínimo es de 2 años y el recomendado es de 3 años, como indica la NB 688 (Ministerio del Agua 2007).

En concordancia con dicha normativa y con el criterio técnico de seguridad hidráulica, se adoptó un periodo de retorno de 3 años y una duración de 13 minutos para el presente estudio, asegurando una mayor confiabilidad en la estimación de caudales máximos.

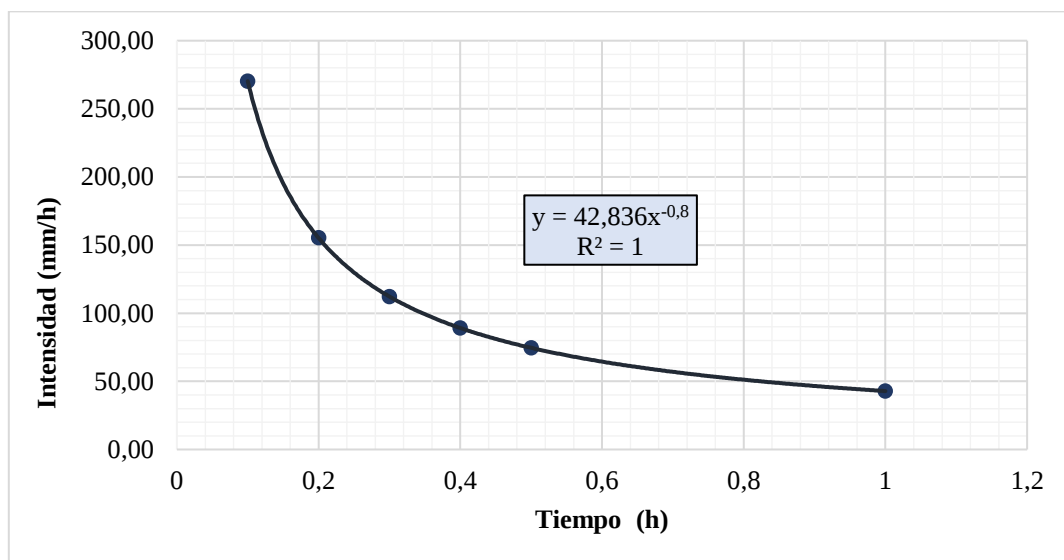
A partir del análisis gráfico realizado en la curva IDF correspondiente a un periodo de retorno de 3 años (Gráfico 3.2.), se obtuvo la siguiente expresión empírica (Ec.38) para la estimación de la intensidad de precipitación en función de la duración del evento:

$$I = 42,836 * t^{-0,8} \quad (38)$$

$$I = 143,84 \text{ mm/h}$$

El Gráfico 3.2. representa la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) correspondiente a un periodo de retorno de 3 años, seleccionado conforme a las recomendaciones de la NB 688.

Gráfico 3.2. Curva IDF (T=3 AÑOS) Estación “El Tejar (Tarija)”



Fuente: Elaboración Propia.

Aplicando la ecuación empírica obtenida a partir de la curva Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF), correspondiente a un periodo de retorno de 3 años, y considerando los parámetros modales ajustados mediante análisis de regresión estadística, se determinó

una intensidad máxima de precipitación de 143,84 mm/h para un intervalo de duración de 13 minutos. Este resultado constituye la estimación cuantitativa de un evento de lluvia extrema esperado en el área de estudio, y se emplea como referencia para el dimensionamiento hidrológico de las obras de drenaje pluvial y la evaluación de riesgos asociados a la infraestructura hidráulica local.

Un segundo método de cálculo para determinar la Intensidad de lluvia se basa y fundamenta en la Norma Boliviana NB 688, publicada recientemente (2023) y que constituye un estudio actualizado para la ciudad de Tarija. Esta norma incorpora coeficientes calibrados localmente, derivados de análisis estadísticos de consumo real y condiciones específicas de la región, lo que garantiza mayor precisión respecto a métodos tradicionales.

A diferencia de los cálculos anteriores basados únicamente en la intensidad en base a las precipitaciones máximas, la NB 688:2023 introduce una ecuación ajustada con parámetros de corrección que consideran variables como altitud, clima, hábitos de uso y características sanitarias propias de establecimientos de salud.

Se procede al cálculo de la intensidad de lluvia de diseño, empleando la ecuación propuesta en la Norma Boliviana NB 688, la cual incorpora las constantes propias de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) calibradas para la ciudad de Tarija.

$$I = \frac{k * T^m}{d^n} \quad (39)$$

$$I = \frac{395,7530 * 3^{0,2815}}{13,2^{0,75}}$$

$$I = 77,86 \text{ mm/h}$$

Dónde:

I: Intensidad de diseño, para una duración d y un periodo de retorno T (mm/h).

T: Periodo de retorno (años).

d: Tiempo de duración de la tormenta de diseño (min).

k, m, n: Constantes propias de cada curva IDF, que representan las características regionales y particulares de cada región.

El cálculo realizado arroja una intensidad de lluvia de 77,860 mm/h. Sin embargo, debido a la variación significativa entre el método clásico de Gumbel y el modelo normativo basado en curvas IDF, los resultados no son directamente comparables.

En este sentido, se adopta como referencia el cálculo establecido en la Norma Boliviana NB 688, por tratarse de un estudio oficial, actualizado y calibrado específicamente para la ciudad de Tarija. Este enfoque es más verídico y preciso, ya que incorpora coeficientes locales y refleja las condiciones hidrológicas reales.

Por lo tanto, el diseño hidráulico se fundamenta en la metodología de la NB 688, priorizando la normativa vigente y asegurando mayor confiabilidad en la estimación de la intensidad de lluvia de diseño.

- El caudal de diseño de los colectores pluviales fue estimado mediante la aplicación del Método Racional, el cual constituye una de las herramientas más utilizadas en ingeniería sanitaria e hidráulica para la determinación de caudales de escorrentía superficial en áreas urbanas y semiurbanas. Dicho método se fundamenta en la relación directa entre la intensidad de la precipitación, el coeficiente de escorrentía y el área de aporte.
- La aplicación del Método Racional en este proyecto se justifica por su simplicidad, confiabilidad y respaldo normativo, especialmente en sistemas de drenaje de pequeña y mediana escala, como los requeridos en centros de salud. Aunque existen métodos más avanzados de modelación hidrológica, el Método Racional continúa siendo ampliamente utilizado debido a que proporciona resultados consistentes cuando se emplea con parámetros calibrados localmente.
- En este caso, la adopción de la NB 688 asegura que la intensidad de lluvia utilizada en el cálculo sea más representativa y verídica que la obtenida mediante métodos clásicos de intensidad promedio. La norma, al ser un estudio reciente y oficial, otorga mayor confiabilidad al diseño y garantiza que la infraestructura proyectada cumpla con los criterios de seguridad hidráulica, eficiencia en la evacuación de caudales y prevención de inundaciones.
- En conclusión, el empleo del Método Racional complementado con los parámetros normativos actualizados constituye una herramienta adecuada para el diseño de colectores pluviales en el contexto rural de Tarija, asegurando que el

sistema responda a las exigencias de continuidad, salubridad y protección de la infraestructura sanitaria.

- La aplicación se realizó en estricta concordancia con lo dispuesto en la Ec. 25 (Ver p.26) del Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, normativa que establece los lineamientos técnicos para el cálculo y dimensionamiento de sistemas de drenaje pluvial en el contexto boliviano.
- Esta referencia normativa garantiza que el procedimiento adoptado se encuentre alineado con los criterios oficiales de diseño, asegurando la validez y aplicabilidad de los resultados en proyectos de infraestructura hidráulica.
- Con fines demostrativos y para ilustrar de manera clara el procedimiento de cálculo, se seleccionó la Canaleta N°22 como caso representativo dentro del área de estudio.
- La elección de este elemento permitió desarrollar paso a paso el proceso de estimación del caudal de diseño, desde la identificación de los parámetros hidrológicos (intensidad de precipitación y periodo de retorno) hasta la definición del coeficiente de escorrentía en función de las características de la superficie de aporte.
- El análisis realizado sobre la Canaleta N°22 no solo ejemplifica la aplicación práctica del Método Racional, sino que también permite verificar la coherencia entre los valores obtenidos y las condiciones reales de la cuenca urbana considerada.
- De esta manera, se asegura que el diseño de los colectores pluviales responda adecuadamente a los eventos de lluvia extrema previstos, contribuyendo a la reducción de riesgos de inundación y al correcto funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en la zona de estudio.
- $Q = 2,78 * 0,95 * 77,86 * 0,009$
- $Q = 1,91 \text{ l/s}$

Con la aplicación de la ecuación del método racional se realiza el cálculo para la obtención del caudal respectivo para cada canaleta con su respectiva área de aporte, Ver Tabla 3.30.

Tabla 3.30. Caudal para cada Canaleta.

Canaleta N°	Longitud (m)	Área (m²)	Área (Ha)	Intensidad (mm/h)	Coef. Escorrentía "C"	Caudal (L/s)
1	10,49	45,80	0,005	77,86	0,95	0,94
2	10,29	45,18	0,005	77,86	0,95	0,93
3	12,39	38,39	0,004	77,86	0,95	0,79
4	8,79	53,82	0,005	77,86	0,95	1,11
5	1,51	9,59	0,001	77,86	0,95	0,20
6	13,89	46,74	0,005	77,86	0,95	0,96
7	11,99	35,95	0,004	77,86	0,95	0,74
8	14,99	56,18	0,006	77,86	0,95	1,16
9	3,90	20,50	0,002	77,86	0,95	0,42
10	3,90	20,50	0,002	77,86	0,95	0,42
11	6,10	38,09	0,004	77,86	0,95	0,78
12	6,10	38,00	0,004	77,86	0,95	0,78
13	7,00	50,74	0,005	77,86	0,95	1,04
14	8,70	55,58	0,006	77,86	0,95	1,14
15	8,69	53,84	0,005	77,86	0,95	1,11
16	2,40	53,25	0,005	77,86	0,95	1,09
17	5,78	65,81	0,007	77,86	0,95	1,35
18	3,73	51,25	0,005	77,86	0,95	1,05
19	5,78	65,80	0,007	77,86	0,95	1,35
20	3,73	51,25	0,005	77,86	0,95	1,05
21	2,40	53,71	0,005	77,86	0,95	1,10
22	15,09	93,03	0,009	77,86	0,95	1,91
23	7,00	43,91	0,004	77,86	0,95	0,90
24	12,69	40,27	0,004	77,86	0,95	0,83
25	6,10	34,91	0,003	77,86	0,95	0,72
26	6,10	35,38	0,004	77,86	0,95	0,73
27	3,90	20,49	0,002	77,86	0,95	0,42
28	3,90	20,49	0,002	77,86	0,95	0,42

Fuente: Elaboración Propia.

- El dimensionamiento preliminar de las canaletas, se efectuó un cálculo tentativo mediante el software H-Canales, considerando una sección rectangular de calamina plana de 10×10 cm. El análisis se centró en el caudal máximo estimado, correspondiente a la Canaleta N°22, con el objetivo de verificar su capacidad hidráulica. Posteriormente, se contrastaron los resultados obtenidos con los criterios de diseño establecidos en la Norma Boliviana NB 688, asegurando el

dimensionamiento.

- Para el coeficiente de rugosidad de Manning se adoptó un valor de 0,010 en drenajes pluviales de acuerdo a la Tabla 2.13. (Ver p.32), de la NB 688 y el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.
- Una vez realizada la verificación hidráulica conforme a los criterios establecidos en la Norma Boliviana NB 688, se confirmó la viabilidad técnica de la sección de canaleta de 10×10 cm, de calamina plana. Esta dimensión garantiza el adecuado transporte del caudal de diseño, cumpliendo con los parámetros normativos de capacidad y velocidad mínima exigida.
- Asimismo, se procedió a verificar la capacidad hidráulica de las bajantes pluviales tomando como referencia los valores establecidos en la Tabla 2.14. (Ver p.32) del Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Considerando una intensidad máxima de lluvia de 77,86 mm/h para el tramo más exigente y un diámetro nominal (DN) de 100 mm para la canaleta, se determinó un área servida máxima de 166,20 m², según los criterios de capacidad hidráulica establecidos en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. En la Tabla 3.25, se verifica que todos los tramos del sistema pluvial están asociados a áreas menores a dicho valor límite, lo que confirma el cumplimiento técnico del diseño propuesto.

Para el desarrollo del cálculo hidráulico del sistema de drenaje pluvial, se adoptaron los siguientes criterios de diseño, en concordancia con los lineamientos establecidos por la Norma Boliviana NB 688.

- Se adoptó una pendiente uniforme de 2% para todos los tramos, en concordancia con los valores mínimos recomendados por la Norma Boliviana NB 688.
- El funcionamiento del cálculo real es a media sección verificando que la relación Tirante Normal y Diámetro sea inferior a 1.
- Para el procedimiento se utilizó la Ec.30, Ec.31, Ec.32, Ec.33, Ec.34 (Ver p.30-31), el cálculo de la velocidad se realizó con Manning. Para el ejemplo se adoptó como referencia los 4 primeros colectores. Ver Tabla 3.31.

Tabla 3.31. Función real a media sección de los primeros tramos.

Cámara de Salida		Cámara de Llegada	Caudal	Pendiente	Diámetro	Función Real a Media Sección						
Descripción	Nº Cámara	Nº Cámara	Diseño (l/s)			(%)	(m)	Yn (m)	Y/D	θ (°)	A (m²)	P (m)
COLECTOR	C-1	C-2	0,94	2,00%	0,152	0,019	0,127	83,34	0,0013	0,111	0,012	0,74
COLECTOR	C-2	C-3	4,04	2,00%	0,152	0,041	0,266	124,18	0,0039	0,165	0,024	1,16
COLECTOR	C-3	C-4	4,04	2,00%	0,152	0,041	0,266	124,18	0,0039	0,165	0,024	1,16
COLECTOR	C-4	C-5	5,91	2,00%	0,152	0,049	0,323	138,47	0,0051	0,184	0,028	1,29

Fuente: Elaboración Propia.

- La velocidad en todos los tramos del sistema resultó inferiores al valor máximo de 5 m/s.
- Se realizó la verificación de la tensión tractiva en todos los tramos del sistema de drenaje pluvial, considerando el valor mínimo exigido de 1,5 Pa, conforme a los criterios establecidos en la Norma Boliviana NB 688.
- Los resultados obtenidos en cada uno de los tramos evaluados superan el umbral mínimo establecido para la velocidad crítica de autolimpieza hidráulica. Este comportamiento hidráulico favorable indica que las velocidades alcanzadas en los conductos son suficientes para evitar la sedimentación de sólidos, lo cual es esencial para garantizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad del sistema de desagüe pluvial con propósito de reúso.

Tabla 3.32. Tensión Tractiva de los primeros tramos.

Cámara de Salida		Cámara de Llegada	Longitud (m)	Caudal		Pendiente (%)	Diámetro (m)	Tensión Tractiva (N/m²)	Prueba
Descripción	Nº Cámara	Nº Cámara		Diseño l/s	Diseño (l/s)				
COLECTOR	C-1	C-2	8,80	0,94	0,94	2,00%	0,152	2,37	CUMPLE
COLECTOR	C-2	C-3	16,13	3,10	4,04	2,00%	0,152	4,62	CUMPLE
COLECTOR	C-3	C-4	11,82	0,00	4,04	2,00%	0,152	4,62	CUMPLE
COLECTOR	C-4	C-5	11,55	1,87	5,91	2,00%	0,152	5,42	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, para la estimación del volumen requerido del tanque de almacenamiento destinado al reúso de agua pluvial, se aplicó un procedimiento basado en criterios hidrológicos y funcionales, utilizando la Estación “EL TEJAR (TARIJA)” para las precipitaciones medias mensuales. Ver Tabla 3.33.

Tabla 3.33. Precipitaciones Mensuales.

Año	Precipitación Mensual (mm)
Enero	132,62
Febrero	133,47
Marzo	96,17
Abril	31,17
Mayo	2,81
Junio	0,90
Julio	0,95
Agosto	0,90
Septiembre	8,90
Octubre	41,31
Noviembre	66,16
Diciembre	121,09
ANUAL	636,46

Fuente: Elaboración Propia.

Cada valor de precipitación mensual fue multiplicado por un factor de 0.75 (75%), este coeficiente tiene como finalidad representar únicamente la fracción de la precipitación que contribuye directamente al escurrimiento superficial, excluyendo pérdidas por infiltración, evaporación u otros procesos. Con el fin de estimar el volumen efectivo de escorrentía que fue calculado utilizando el coeficiente de escorrentía (0,95) el área total (1.238,44 m²) y la precipitación al 75%. La combinación de estos factores permitió obtener un valor representativo del volumen de agua que realmente fluye sobre la superficie, evitando sobreestimaciones que podrían derivarse de considerar la precipitación bruta sin correcciones. Este enfoque metodológico no solo incrementa la precisión del análisis, sino que también fortalece la confiabilidad de los resultados para el dimensionamiento de los sistemas de drenaje pluvial, la evaluación de riesgos de inundación y la planificación de medidas de mitigación orientadas a garantizar la seguridad y sostenibilidad de la infraestructura sanitaria.

En síntesis, la aplicación del factor de reducción junto con el coeficiente de escorrentía y la delimitación del área de aporte constituye un procedimiento integral que permite representar con mayor fidelidad las condiciones hidrológicas locales, aportando bases sólidas para la toma de decisiones en proyectos de ingeniería civil con impacto comunitario. Para detalles específicos de los valores utilizados en cada mes Ver Tabla 3.34.

Tabla 3.34. Volumen medio mensual escurrido.

Año	Precipitación Mensual (mm)	Volumen Mensual (m³)
Enero	99,47	117,02
Febrero	100,10	117,77
Marzo	72,13	84,86
Abril	23,38	27,51
Mayo	2,11	2,48
Junio	0,68	0,79
Julio	0,71	0,84
Agosto	0,68	0,80
Septiembre	6,67	7,85
Octubre	30,99	36,45
Noviembre	49,62	58,38
Diciembre	90,81	106,84
ANUAL	477,34	561,60

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de los datos presentados en la Tabla 3.34, se identificó un volumen máximo mensual de captación de agua de lluvia de 117,77 m³, correspondiente al mes de febrero. Considerando una frecuencia de riego de cuatro veces por mes para áreas verdes dentro del predio, se estimó un volumen operativo requerido de 29,44 m³ para el reservorio de almacenamiento.

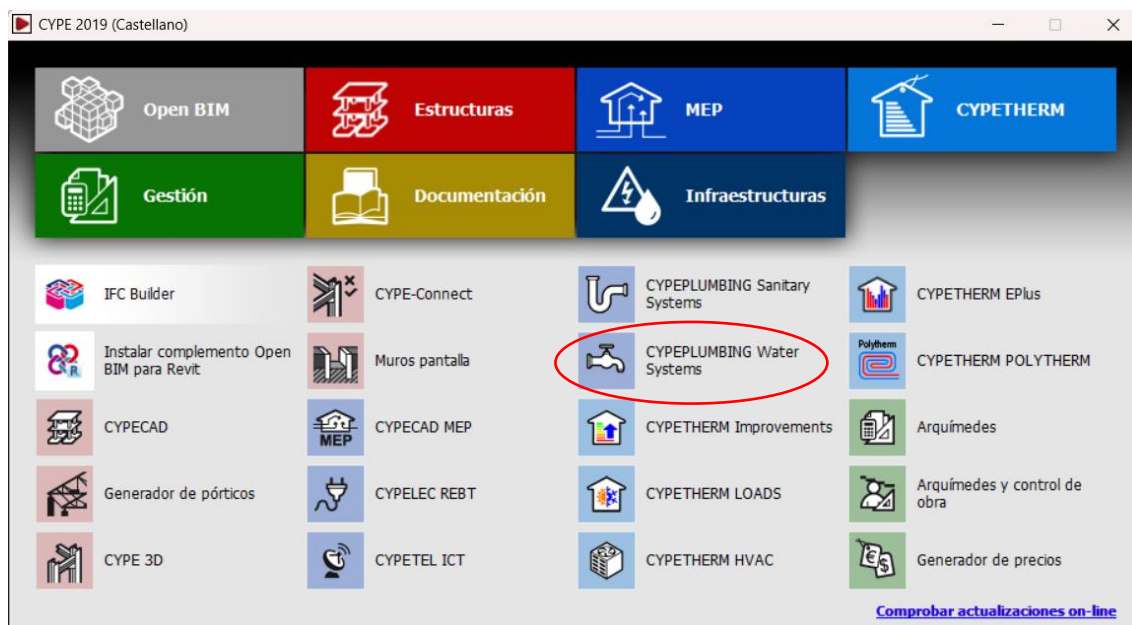
Para satisfacer esta demanda, se propone la implementación de un tanque de almacenamiento enterrado con dimensiones de 4,00 m de largo, 3,80 m de ancho y 2 m de alto. Lo que equivale a un Tanque de Almacenamiento de 30.000 litros, superando ligeramente el volumen requerido de 29,44 m³ y proporcionando un margen de seguridad para variaciones estacionales o eventos de precipitación extraordinarios.

3.4. VERIFICACIÓN PROGRAMA.

Con el objetivo de garantizar la correcta funcionalidad del sistema de agua potable en el Centro de Salud de Santa Ana la Nueva, se procedió a realizar una verificación comparativa entre los cálculos manuales efectuados mediante el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias de Agua (RENISDA) y la simulación computacional desarrollada en el programa CYPECAD (CYPEPLUMBING WATER SYSTEMS), versión 2019, especializado en instalaciones domiciliarias de agua potable.

Esta verificación comparativa permitió identificar coincidencias y diferencias entre ambos enfoques, evaluando la precisión de los cálculos manuales frente a los resultados obtenidos con herramientas digitales.

Figura 3.3. Programa CypePlumbing Water Systems.



Fuente: Elaboración Propia.

En la verificación se obtuvo un caudal de diseño de 5,59 l/s según el programa, mientras que el cálculo manual con base en RENISDA arrojó un caudal de diseño de 2,62 L/s. Esta diferencia se explica por la metodología de cálculo que emplea el software, el cual se encuentra adaptado a la Norma Española UNE 149201, utilizada como referencia para instalaciones hidráulicas en edificaciones.

El funcionamiento del programa CYPECAD (CYPEPLUMBING WATER), al estar basado en la normativa española, tiende a asignar caudales mayores a determinados artefactos sanitarios, lo que ocasiona un incremento en el caudal total de diseño respecto al cálculo realizado con el RENISDA (Ver Tabla 3.35). Esta diferencia metodológica se debe a que la norma española considera coeficientes de simultaneidad más exigentes y unidades de descarga superiores para algunos aparatos, lo que genera un margen de seguridad adicional en el dimensionamiento de las instalaciones.

En cuanto al cálculo de las pérdidas de carga, el programa emplea la fórmula de Darcy–Weisbach, que permite una estimación más precisa de las pérdidas por fricción en función de la rugosidad del material y el régimen de flujo. Esto contrasta con el cálculo manual realizado bajo RENISDA, donde se aplicó la fórmula de Hazen–Williams, de carácter más empírico y simplificado. Además, el software considera las longitudes equivalentes de los accesorios (codos, válvulas, tees), lo que incrementa la exactitud del análisis hidráulico.

Otro aspecto relevante es la restricción de diámetros mínimos que establece el programa: no permite trabajar con tuberías menores a 1”, mientras que en el cálculo manual se emplearon diámetros de hasta ½”. El diámetro mayor en el programa resultó de 2 ½” a diferencia del cálculo manual que se empleó un máximo de 2”. Esta condición responde a criterios de seguridad y durabilidad hidráulica, aunque en la práctica puede implicar un mayor costo de materiales. Sin embargo, el cálculo manual con diámetros reducidos busca optimizar la eficiencia hidráulica y la economía del sistema, siempre que se cumplan las presiones mínimas requeridas.

Tabla 3.35. Comparación Caudales.

Artefactos Sanitarios	Caudal (l/s)	
	RENISDA	CYPE CAD
Lavamanos	0,08	0,05
Ducha	0,17	0,2
Inodoro	0,18	0,1
Urinario	0,18	0,04
Lavaplatos	0,08	0,15
Lavaropa	0,17	0,2

Fuente: Elaboración Propia.

Si bien el programa ofrece una simulación más detallada y conservadora, el RENISDA resulta más adecuado para proyectos comunitarios rurales, ya que se ajusta a la normativa nacional, garantiza funcionalidad con recursos accesibles y mantiene la coherencia técnica con las condiciones reales de operación.

En conclusión, el uso del software aporta un marco de referencia internacional y una validación complementaria, pero el diseño definitivo debe basarse en los criterios del RENISDA para lograr un equilibrio entre seguridad, eficiencia y viabilidad económica.

CAPÍTULO IV. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL PROYECTO.

4.1. CÓMPUTOS MÉTRICOS.

Se realizó los cálculos métricos para cada subsistema perteneciente al sistema hidrosanitario del Centro de Salud. Ver Tabla 4.1 ,4.2 ,4.3 ,4.4 ,4.5 ,4.6.

Tabla 4.1. Cálculos Métricos para Instalación de Agua Potable.

Ítem	Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Área Parcial (m²)	Volumen Parcial (m³)	Cantidad	Longitud Total (m)	Área Total (m²)	Volumen Total (m³)
INSTALACIONES DE AGUA FRÍA											
1	Tubería PVC 1/2" Unión Rosca	m	105,24					1	105,24		
								Total:	105,24		
2	Tubería PVC 3/4" Unión Rosca	m	29,57					1	29,57		
								Total:	29,57		
3	Tubería PVC 1 1/2" Unión Rosca	m	270,02					1	270,02		
								Total:	270,02		
4	Tubería PVC 2" Unión Rosca	m	8,99					1	8,99		
								Total:	8,99		
5	Válvula de 3/4"	Pza	1					1	1,00		
								Total:	1,00		
6	Válvula de 1 1/2"	Pza	1					9	9,00		
								Total:	9,00		
7	Válvula de 2"	Pza	1					1	1,00		
								Total:	1,00		
8	Codo PVC 1/2"	Pza	1					79	79,00		
								Total:	79,00		
9	Codo PVC 3/4"	Pza	1					4	4,00		
								Total:	4,00		
10	Codo PVC 1 1/2"	Pza	1					13	13,00		
								Total:	13,00		
11	Codo PVC 2"	Pza	1					1	1,00		
								Total:	1,00		
12	Tee PVC 1/2"	Pza	1					59	59,00		
								Total:	59,00		
13	Tee PVC 3/4"	Pza	1					15	15,00		
								Total:	15,00		
14	Tee PVC 1 1/2"	Pza	1					44	44,00		
								Total:	44,00		
15	Tee PVC 2"	Pza	1					1	1,00		
								Total:	1,00		
16	Reducción PVC 1 1/2" a 1/2"	Pza	1					38	38,00		
								Total:	38,00		
17	Reducción PVC 3/4" a 1/2"	Pza	1					21	21,00		
								Total:	21,00		
18	Reducción PVC 1 1/2" a 3/4"	Pza	1					6	6,00		
								Total:	6,00		
19	Reducción PVC 2" a 1 1/2"	Pza	1					4	4,00		
								Total:	4,00		

TANQUE DE ALMACENAMIENTO											
20	Excavación de 0-1,5 m	m³	1,20	1,20	1,2		1,73	1			1,73
										Total:	1,73
21	Zapata de cimentación	m³	1,20	1,20	0,15		0,22	1			0,22
										Total:	0,22
22	Columna central	m³	0,40	0,40	6,70		1,07	1			1,07
										Total:	1,07
23	Losa de apoyo	m³	2,50	2,50	0,15		0,94	1			0,94
										Total:	0,94
24	Relleno y Compactado con Tierra	m³	1,20	1,20	1,20		1,73	1			1,73
										Total:	1,32
25	Tanque de Almacenamiento+acc. (5.000L)	Pza						1			
							Total:	1,00			

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.2. Cálculos Métricos para Evacuación de Aguas Residuales.

Ítem	Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Área Parcial (m²)	Volumen Parcial (m³)	Cantidad	Longitud Total (m)	Área Total (m²)	Volumen Total (m³)
INSTALACIONES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES											
1	Replanteo y Trazado de Tuberías	m	332,46					1	332,46		
								Total:	332,46		
2	Excavación y Retiro de Tierra Manual	m³					10,97	1			10,97
										Total:	10,97
3	Tubería PVC 1 1/2" Unión Flexible	m	42,46					1	42,46		
								Total:	42,46		
4	Tubería PVC 2" Unión Flexible	m	85,83					1	85,83		
								Total:	85,83		
5	Tubería PVC 4" Unión Flexible	m	173,94					1	173,94		
								Total:	173,94		
6	Codo PVC a 45° de 4"	Pza	1					10	10,00		
								Total:	10,00		
7	Codo PVC a 45° de 4" con reducción 2"	Pza	1					9	9,00		
								Total:	9,00		
8	Codo PVC a 45° 1 1/2"	Pza	1					22	22,00		
								Total:	22,00		
9	Codo PVC a 45° 2"	Pza	1					5	5,00		
								Total:	5,00		
10	Yee PVC 4"	Pza	1					16	16,00		
								Total:	16,00		
11	Yee PVC 4" con salida 2"	Pza	1					12	12,00		
								Total:	12,00		
12	Prov.Colocación Inodoro	Pza	1					18	18,00		
								Total:	18,00		
13	Prov.Colocación Lavamanos con grifería temporizado	Pza	1					28	28,00		
								Total:	28,00		
14	Prov.Colocación Lavaplatos	Pza	1					5	5,00		
								Total:	5,00		
15	Prov.Colocación Lavandería	Pza	1					2	2,00		
								Total:	2,00		
16	Prov.Colocación Urinario	Pza	1					1	1,00		
								Total:	1,00		
17	Prov.Colocación Ducha con base	Pza	1					6	6,00		
								Total:	6,00		
18	Caja Sifonada 4"	Pza	1					21	21		
								Total:	21,00		
19	Rejilla de Piso	Pza	1					21	21		
								Total:	21,00		
20	Cámaras de Inspección (60x60cm)	Pza	1					16	16,00		
								Total:	16,00		
21	Relleno Y compactado de tierra común	m³					14,26	1			14,26
										Total:	14,26

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.3. Cálculos Métricos para la PTAR “Cámara Séptica”

Ítem	Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Área Parcial (m²)	Volumen Parcial (m³)	Cantidad	Longitud Total (m)	Área Total (m²)	Volumen Total (m³)
CÁMARA SÉPTICA DE DOBLE COMPARTIMENTO											
1	Replanteo de Estructuras y Edificaciones	m²	4,95	2,30		11,39		1		11,39	
									TOTAL:	11,39	
2	Excavación común de 0-2 m Suelo Semiduro	m³	4,95	2,30	2,30		26,19	1			26,19
										TOTAL:	26,19
3	Base de Hormigón Pobre	m³	4,95	2,30	0,10		1,14	1			1,14
										TOTAL:	1,14
4	Losa de H°A° (FONDO) H20 C/IMPERMEABLE	m³	4,95	2,30	0,10		1,14	1			1,14
										TOTAL:	1,14
5	Muro H°A° EST. CORRIENTE H20 C/IMPERMEABLE	m³									
	Muro Exterior Lateral		4,95	0,15	2,60		1,93	2			3,86
	Muro Interior Divisorio		2,30	0,15	2,60		0,90	1			0,90
	Muro Exterior Entrada		2,30	0,15	2,60		0,90	1			0,90
										TOTAL:	5,66
6	Losa de H°A° (TECHO) H20 C/IMPERMEABLE	m³									
	Losa Tapa		4,95	2,30	0,10		1,14	1			1,14
	Descuentos de Entrada para Visita		0,80	0,80	0,10		0,06	-2			-0,13
	Tapas de Visita Cámara Séptica		0,80	0,80	0,08		0,05	2			0,10
										TOTAL:	1,11
7	Prov.Coloc. Tub. De Ventilación PVC 4"	ml			2,00			4	8,00		
								TOTAL:	8,00		
8	Prov.Coloc. Acc. PVC D=4" Cámara Séptica	Glb						1	1,00		
								TOTAL:	1,00		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.4. Cálculos Métricos para la PTAR “FAFA”

Ítem	Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Área Parcial (m²)	Volumen Parcial (m³)	Cantidad	Longitud Total (m)	Área Total (m²)	Volumen Total (m³)
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE											
1	Replanteo de Estructuras y Edificaciones	m²	2,70	2,30		6,21		1		6,21	
									TOTAL:	6,21	
2	Excavación común de 0-2 m Suelo Semiduro	m³	2,70	2,30	2,90		18,01	1			18,01
										TOTAL:	18,01
3	Base de Hormigón Pobre	m³	2,70	2,30	0,10		0,62	1			0,62
										TOTAL:	0,62
4	Losa de H°A° (FONDO) H20 C/IMPERMEABLE	m³	2,70	2,30	0,10		0,62	1			0,62
										TOTAL:	0,62
5	Muro H°A° EST. CORRIENTE H20 C/IMPERMEABLE	m³									
	Muro Exterior Lateral		2,70	0,15	2,90		1,17	2			2,35
	Muro Transversal		2,30	0,15	2,90		1,00	2			2,00
										TOTAL:	4,35
6	Losa de H°A° (TECHO) H20 C/IMPERMEABLE	m³									
	Techo Total		2,70	2,30	0,10		0,62	1			0,62
	Descuentos de Entrada para Visita		0,80	0,80	0,10		0,06	-1			-0,06
	Tapas de Visita FAFA		0,80	0,80	0,08		0,05	1			0,05
	Losa Falsa Intermediaria Con Orificios Movibles										
	Vaciada en Segmentos de 2x0,6 m		0,60	2,00	0,10		0,12	4			0,48
										TOTAL:	1,09
7	Prov.Coloc. Tub. De Ventilación PVC 4"	ml			4,00			1	4,00		
								TOTAL:	4,00		
8	Prov.Coloc. Acc. PVC D=4" FAFA	Glb						1	1,00		
								TOTAL:	1,00		
9	Prov.Coloc. Grava Seleccionada p/ FAFA	m³	2,40	2,00	2,00		9,60	1			9,60
										TOTAL:	9,60

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.5. Cálculos Métricos para la PTAR “Pozo de Absorción”

Ítem	Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Área Parcial (m²)	Volumen Parcial (m³)	Cantidad	Longitud Total (m)	Área Total (m²)	Volumen Total (m³)
POZO DE ABSORCIÓN											
1	Excavación común de 0-2 m Suelo Semiduro	m³	2,00		4,00	3,14	12,57	1			12,57
										TOTAL:	12,57
2	Losa de H°A° (TECHO) H2O C/IMPERMEABLE	m³									
	Losa Cubierta		2,00		0,10	3,14	0,31	1			0,31
	Abertura para tapas		0,60		0,10	0,60	0,04	-1			-0,04
	Tapa de visita		0,60		0,08	0,60	0,03	1			0,03
	borde tapa		0,60		0,08	0,60	0,03	4			0,12
										TOTAL:	0,42
3	Muro de Piedra Bruta en Seco	m²	6,28		4,00	25,13		1		25,13	
									TOTAL:	25,13	
4	Prov.Coloc. Tub. De Ventilación PVC 4"	ml	4,00					1	4,00		
								TOTAL:	4,00		
5	Accesorios Pozo Absorv.	Glb						1	1,00		
								TOTAL:	1,00		
6	Viga de H°A°	m³	6,28	0,20	0,20		0,25	1			0,25
										TOTAL:	0,25
7	Prov.Coloc. Relleno Piedra Manzana	m³	1,60	2,01	1,00		3,22	1			3,22
										TOTAL:	3,22
8	Prov.Coloc. Grava Seleccionada (30-50 mm)	m³	1,60	2,01	1,00		3,22	1			3,22
										TOTAL:	3,22

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.6. Cálculos Métricos para Desagüe Pluvial.

Ítem	Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Área Parcial (m²)	Volumen Parcial (m³)	Cantidad	Longitud Total (m)	Área Total (m²)	Volumen Total (m³)
INSTALACIONES DE EVACUACIÓN DE DESAGÜE PLUVIAL											
1	Replanteo y Trazado de Tuberías	m	204,58					1	204,58		
								Total:	204,58		
2	Excavación y Retiro de tierra manual	m³					10,13	1			10,13
										Total:	10,13
3	Canaleta de Calamina plana de 0,10x0,10 m	m	207,33					1	207,33		
								Total:	207,33		
4	Bajantes Calamina Plana	m	64,00					1	64,00		
								Total:	64,00		
5	Tubería PVC Unión Flexible-Desagüe Pluvial	m									
	Tub PVC 4"		166,57					1	166,57		
	Tub PVC 6"		19,41					1	19,41		
								Total:	185,98		
6	Cámaras de Inspección de 80x80 cm	Pza	1,00					17	17,00		
								Total:	17,00		
7	Relleno y Compactado de tierra común con saltarín	m³					13,16	1			13,16
										Total:	13,16
INSTALACIÓN TANQUE PLUVIAL											
8	Excavación Manual	m³	5,00	4,80	3,00		71,93	1,00			71,93
										Total:	71,93
9	Base de Asiento con arena compactada (10cm)	m³	5,00	4,80	0,10		2,40	1,00			2,40
										Total:	2,40
10	Relleno lateral con ladrillo molido+arena (20cm)	m³	5,00	3,00	0,20		3,00	1,00			3,00
			4,80	3,00	0,20		2,88	1,00			2,88
										Total:	5,87
11	Impermeabilización base	m	5,00					1,00	5,00		
								Total:	5,00		
12	Prov. Colocación Tanque HDPE+acc.(30 cubos)	Pza	4,00	3,80	2,00			1,00			
								Total:	1,00		
13	Relleno superior material granular (30 cm)	m³	5,00	4,80	0,30		7,20	1,00			7,20
										Total:	7,20

Fuente: Elaboración Propia.

4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Se presentan las especificaciones técnicas correspondientes a las actividades ejecutadas, elaboradas en concordancia con el cómputo métrico del sistema hidrosanitario.

Ítem 1; 1,14,41: Replanteo General de Obras Hidrosanitarias.

Definición.

Este Ítem comprende todos los trabajos de replanteo, alineamiento, trazado y verificación de la tubería, y otras obras hidrosanitarias que sean parte del sistema proyectado, necesarios para la localización en general y en detalle de todas las obras concernientes al

sistema de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial, en estricta sujeción a los planos de construcción y memorias descriptivas.

Materiales, Herramientas y Equipos.

El Contratista deberá proveer todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la realización de este Ítem, como ser equipo topográfico, lienzo, plomada, nivel, escuadras y todas las herramientas suficientes para lograr la demarcación perfecta de los sectores para una posterior excavación, en tanto que los materiales a usar serán el cemento, yeso, estacas y pintura y todos aquellos que el Contratista viese por conveniente utilizar previa autorización escrita del Supervisor de Obra.

Procedimiento para la Ejecución.

El Contratista deberá realizar el replanteo, localización general, alineamientos, elevaciones y demarcación de los niveles de trabajo, los cuales serán marcados en el campo, de acuerdo a los planos y detalles especificados en los planos, para permitir en cualquier momento el trabajo de control por parte del Supervisor quien deberá comprobar dichos trabajos en situ.

Medición.

Este Ítem será medido en forma global, replanteado y aprobado por la Supervisión. La forma de pago se la realizará según el precio ofertado por el Contratista ejecutor de la obra.

Forma de Pago.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada. Dicho precio unitario será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

Ítem 2; 27,31: Replanteo y Trazado de Estructuras.

Definición.

Este ítem comprende todos los trabajos necesarios para la ubicación de las áreas destinadas a albergar las construcciones, las calles de acceso al edificio y los de replanteo y trazado de los ejes respecto a un eje transversal y un nivel de cota referencial $\mp 0,000$,

para localizar las edificaciones de acuerdo a los planos de construcción y/o indicaciones del supervisor de obra. Este ítem comprende los trabajos de alineamiento vertical, horizontal del solar, el cual el albañil lo puede realizar con hilos, escuadras, nivel burbuja, yeso o cal. Cabe señalar que el ingeniero encargado de la obra debe de verificar el método de replanteo realizado por el albañil con otro método diferente como ser el uso de taquímetro, estación total y nivel ingeniero.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Para el replanteo el contratista deberá estar provisto de una escuadra, un nivel burbuja, además de estacas de madera, camillas típicas de madera, clavos, pintura, yeso de manera que permita dejar señales y puntos que ayuden a las excavaciones y a las verificaciones en la etapa de construcción.

La alineación de estacas que usan los diversos ejes de la estructura, deberá ser efectuada con alambre hilo, así mismo los caballetes o camillas típicas que guiarán la ubicación y el espesor de los cabezales, teniendo cuidado en el colocado de puntos de referencia accesibles para una verificación o replanteo posterior.

Procedimiento para la Ejecución.

Para la alineación horizontal se podrá utilizar estacas con clavos e hilos formando 90° en esquinas de la futura construcción. Todas las cotas de las diferentes estructuras a realizar deberán estar referidas a una cota referencial 0,000 para no tener problemas de desnivel en los diferentes elementos estructurales.

Medición.

El replanteo de los accesos al edificio será medido en metros lineales, tomando en cuenta únicamente la superficie total neta de la construcción.

Forma de Pago.

Este ítem se cancelará por metro lineal ejecutado.

Ítem 3; 8,15,28,32,36,42,49: Excavación Sanitaria Manual.

Definición.

Este ítem comprende todos los trabajos de excavación de zanjas para la instalación de tuberías, construcción de cámaras de inspección, colocación de sumideros, fundaciones y

otros, a ser ejecutados en la clase de terreno que se encuentre, hasta la profundidad necesaria y en las medidas indicadas en planos. Los trabajos deberán sujetarse a estas especificaciones y a las instrucciones del supervisor, de tal manera de cumplir a plena satisfacción con el proyecto.

Materiales, Herramientas y Equipos.

El material a excavar será el existente en la zona de trabajo. Si la propuesta se trata de excavación manual el requerirá del empleo de herramientas menores (palas, picos, carretillas). Si se tratase de excavación con equipo pesado deberá contarse con una retroexcavadora de acuerdo a lo requerido y a la plena satisfacción y aprobación del supervisor de obra.

Procedimiento para la Ejecución.

Aprobados los trabajos de replanteo por el Supervisor, el constructor notificara con 24 hrs. de anticipación el inicio de estos trabajos, que serán desarrolladas de acuerdo a alineamientos pendientes y cotas indicadas en las hojas de trabajo. Las excavaciones se realizarán a cielo abierto de acuerdo con los planos de proyecto las dimensiones de la excavación de zanjas y pozos serán las necesarias en cada caso, serán efectuadas con los lados aproximadamente verticales, el fondo nivelado y terminado de manera que la base ofrezca un apoyo firme y uniforme a lo largo de todo el colector.

Las excavaciones podrán ser efectuadas a mano o utilizando maquinaria; en este último caso la excavación será realizada hasta unos 10 cm. Por encima de la cota de excavación y tan angosta como se pueda de manera que no se mueva innecesariamente el terreno existente. Los últimos 10 cm. Serán excavados a mano sin alterar la cota de fondo. Cualquier exceso de excavación de la zanja deberá ser rellenado por el Constructor a su cuenta con el material y trabajo realizado deberá ser aprobado por el supervisor. La excavación será efectuada por tramos de manera de formar puentes de paso, que posteriormente serán derribados para su compactación en relleno. El material proveniente de la excavación será apilado a un lado de la zanja, a no menos 1 m. del borde de la zanja de manera tal de no producir mayores presiones en el talud respectivo, quedando el otro lado libre para la manipulación y maniobra de los tubos. Durante todo el proceso de excavación el Constructor pondrá el máximo cuidado para evitar daños a estructuras y/o edificaciones que se hallen en sitios adyacentes a la excavación y tomará las medidas

aconsejables para mantener en forma ininterrumpida todos los servicios existentes, tales como agua potable alcantarillado, energía eléctrica y otros; en caso de daño a las mismas el Constructor deberá reestructurarlas o reemplazarlas a su costo. En la realización de la excavación se evitará obstrucciones e incomodidades al tránsito peatonal y vehicular, debiendo para ello mantener en buenas condiciones las entradas a garajes, casa o edificios; cuidará de colocar la señalización, cercas, barreras y luces necesarias para seguridad del público. El ancho de la excavación para los colectores de las alcantarillas (sanitarias y pluviales) deberá ser el especificado para permitir un económico y buen asentamiento de los colectores.

Para excavaciones donde se tengan que colocar dos o más colectores a la misma profundidad, el ancho de la zanja será igual a la distancia entre ejes de los colectores externos más el sobreancho necesario para campos de trabajo y entibamiento (si es necesario). La distancia entre ejes de colectores es variable en función de los diámetros de los mismos. Las excavaciones para las cámaras o pozos de inspección estándar serán sin entibado y deberán tener las dimensiones de la proyección en planta de los muros más 0,15 m. Alrededor de los mismos y serán ejecutados hasta la profundidad necesaria para alcanzar la cota de desplante de la base, indicada en los planos de construcción respectivos. En general, en excavaciones para cámaras, cuando sea necesario entibamiento y el Supervisor lo indique, el sobre-ancho para campo de trabajo y entibado será el fijado para el ancho de la zanja adyacente mayor. Cuando no se encuentre una buena fundación en la cota fijada, debido a la existencia de suelo blando e inestable debajo el colector, deberá retirarse el material existente hasta una profundidad que deberá ser indicada por el Supervisor reemplazando dicho suelo por material seleccionado y convenientemente compactado para obtener un adecuado soporte de fundación. La base deberá ofrecer un apoyo firme a todo lo largo del colector entre cámara. Después de haberse terminado un tramo de excavación (comprendido entre dos cámaras de inspección), el Constructor deberá comunicar al Supervisor el de no colocar los colectores, ni de vaciar la base de la cámara, en tanto que el Supervisor no haya aprobado la profundidad, pendiente, eje y naturaleza del terreno de fundación.

Medición.

La medición de este ítem se efectuará por metro cúbico de acuerdo a las secciones indicadas en planos, en las longitudes realmente ejecutadas y aprobadas por el Supervisor de Obra.

Forma de Pago.

Los trabajos correspondientes al este ítem, serán pagados de acuerdo a los precios unitarios del ítem, tal como fueron definidos y presentados en la propuesta del Contratista. Dichos precios constituirán la compensación y pago total por cualquier concepto de materiales, mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar el trabajo previsto en esta especificación.

Ítem 4; Picado Muro de Ladrillo.**Definición.**

Este ítem comprende el picado de los paramentos de ladrillo para la instalación de las tuberías de agua potable. Este picado deberá realizarse en el ambiente donde vayan a instalar la red de distribución de agua potable.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Todos los materiales, herramientas y equipos de protección deberán ser proporcionados por el Contratista.

Procedimiento para la Ejecución.

Al realizar el picado se cuidará de no afectar las instalaciones existentes, siendo responsabilidad del contratista cualquier problema que surgiera por este concepto.

Medición.

Todos los trabajos realizados en este ítem, se medirán en metros lineales de acuerdo al análisis de precios unitarios, previa verificación y aprobación por el Supervisor.

Forma de Pago.

El pago será por punto.

Ítem 5; 1,2,3,4: Prov. Colocación Tubería PVC.

Definición.

Este ítem comprende la provisión e instalación de todo el sistema de alimentación y distribución de agua fría, de acuerdo a los planos respectivos, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra y cuyos trabajos específicos se detallan a continuación:

- a) Excavación y/o picado, relleno de muros y pisos para la instalación de tuberías.
- b) Provisión e instalación de tuberías para la red incluido las bajantes de distribución.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Los materiales a emplearse deberán ser del tipo y calidad que aseguren la durabilidad y correcto funcionamiento de las instalaciones. Se sobre entiende la provisión y tendido de la tubería de PVC, sellantes, adhesivos y accesorios no contemplados en el ítem de accesorios Hidráulicos. Además, deberán cumplir con los siguientes requisitos generales: material homogéneo. Sección constante, espesor uniforme. Dimensiones, pesos y espesores de acuerdo con los requerimientos señalados en los planos y/o en el formulario de presentación de propuestas y estar libres de grietas, abolladuras, aplastamiento y otros. El Contratista deberá suministrar todos los materiales necesarios para efectuar la instalación y protegerlos contra daños o pérdidas. El Contratista estará obligado a reemplazar cualquier pieza que no se encuentre en perfectas condiciones, sin que pueda servir de justificación las causas que hubieran determinado el daño. Propiedades; Las tuberías y accesorios de PVC debe ser un material fuerte y resistente a efectos mecánicos y químicos, como debe cumplir la resistencia a la corrosión, incrustaciones y a las condiciones climáticas. Normas: Las tuberías y accesorios de PVC deberán cumplir las siguientes normas: Norma boliviana: NB 14.6-001 y 213-77 Normas ASTM: D-1785-68 y D-2241 El material de PVC será sometido a los establecidos en la norma Boliviana 14.6-001-77 (capítulo 7°), preferentemente antes de salir de la fábrica o antes de ser empleado en obra, aspecto que deberá ser verificado por el supervisor, para certificar el cumplimiento de los requisitos generales y especiales indicados en el capítulo 4° de dicha norma. Los muestreos y criterios de aceptación serán los i9ndicados en el capítulo 6° de la misma norma. La temperatura de deformación del material bajo carga, medida de acuerdo a la Norma Boliviana NB-13.1-009, no deberá ser menor a 75°C. El contratista

será el único responsable de la calidad, transporte, manipuleo y almacenamiento de la tubería y sus accesorios, debiendo reemplazar antes de su utilización en obra, todo aquel material que presenta daños o que no cumpla con las normas y especificaciones señaladas, sin que se reconozca pago adicional alguno.

La provisión será de responsabilidad del contratista sus precios deberán incluir el costo que demande la ejecución de ensayos necesarios o certificaciones que garanticen la calidad del elemento, exigidos por el supervisor de acuerdo a la Norma Boliviana NB-14.6-001.

Procedimiento para la Ejecución.

Las instalaciones del sistema de alimentación y distribución de agua, deberán ser ejecutadas siguiendo el diseño señalado en los planos correspondientes y las instrucciones que en su caso sean impartidas por el Supervisor de Obra, respetando las especificaciones presentes. Los trabajos se considerarán concluidos, cuando el resultado de las pruebas de presión sea satisfactorio, momento desde el cual comenzará a computarse el periodo de conservación. Todo el trabajo deberá ser ejecutado por personal especializado y con amplia experiencia en el ramo. Salvo indicaciones contrarias en el formulario de presentación de propuestas, el Contratista deberá incluir en sus precios todos los materiales necesarios para una adecuada instalación que garantice su perfecto funcionamiento. Cada batería de artefactos sanitarios deberá tener una llave de paso y Unión Universal independiente. Hasta el montaje de los artefactos, todos los extremos libres de las tuberías deberán llevar tapones roscados, quedando prohibido el uso de papel o madera para tal objeto. Pruebas; El Contratista deberá garantizar la buena ejecución de los trabajos de instalación de agua, mediante pruebas de bombeo que serán realizadas sin derecho a compensación económica adicional por lo que su costo deberá ser incluido en los precios de propuesta. La realización de las pruebas requerirá la presencia del Supervisor de Obra o del Representante de la CNS, los que certificarán los resultados en el Libro de Órdenes.

Medición.

La instalación será medida por metro lineal y en correcta ejecución y funcionamiento, o de acuerdo a la unidad establecida en el formulario de presentación de propuestas.

Forma de Pago.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado a los precios unitarios de la propuesta aceptada. Dichos precios serán compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la instalación de red de agua potable incluido las bajantes de distribución. Asimismo, dentro de los precios unitarios, el Contratista deberá incluir, las excavaciones, el relleno y compactado, picado de muros.

Toda la tubería horizontal deberá ser perfectamente anclada mediante dispositivos especiales. Las bajantes serán sujetadas mediante abrazaderas desmontables cuando no sean empotradas a la tabiquería. El Contratista deberá verificar la verticalidad de las bajantes, así como la correcta ubicación de los accesorios en el sistema, siguiendo las pendientes indicadas en los planos respectivos. La hermeticidad de las juntas deberá ser garantizada por el Contratista quien deberá repetir todos los trabajos defectuosos sin lugar a compensación económica adicional. Los trabajos se considerarán concluidos cuando el resultado de las pruebas descritas en el presente pliego sea satisfactorio, momento en el cual comenzará a computarse el período de conservación. Todos los trabajos deberán ser ejecutados por personal especializado y con amplia experiencia en el ramo. A la conclusión de la obra, el Contratista deberá presentar planos conforme a la obra (“as built”), que reflejen las instalaciones ejecutadas.

Ítem 6; 5,6,7: Prov. y Colocación de Accesorios p/ Tubería.

Definición.

Este ítem se refiere a la provisión e instalación de válvulas y accesorios en tuberías de líneas de conducción, aducción, impulsión y redes de distribución de agua. Además, incluirá la provisión e instalación de tuberías (plomería) de fierro galvanizado, PVC o fierro fundido y accesorios en obras de toma, desarenadores, cámara de filtración, cámaras rompe presión, tanques de almacenamiento, estaciones elevadoras, cárcamos de bombeo y otros, de acuerdo a lo señalado en los planos de construcción y de detalle, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra.

Materiales, Herramientas y Equipos.

El Contratista, previa aprobación del Supervisor de Obra, suministrará todos los materiales, herramientas y equipo necesario para la ejecución de este ítem. Las tuberías

de fierro galvanizado, PVC, y otras deberán cumplir con las Normas Bolivianas, alternativamente con las normas pertinentes de la ASTM, ISO. Los accesorios como ser codos, uniones, patentes, nipples, reducciones, coplas, tees, cruces, tapones y otros serán de fierro galvanizado y PVC hasta diámetros de 4" (100 mm.) y de fierro fundido dúctil para diámetros mayores, de acuerdo a lo establecido en los planos con sus extremos compatibles con las uniones de las tuberías y en conformidad a las Normas indicadas. Las válvulas con cuerpo de bronce hasta diámetros de 4" (100 mm.), deberá ser de aleación altamente resistente a la corrosión con rosca interna (hembra) en ambos lados. En cuanto a su acabado deberá presentar superficies lisas y aspecto uniforme, tanto externa como internamente, sin porosidades, rugosidades, rebabas o cualquier otro defecto de fabricación. Estas válvulas tipo cortina, salvo indicación contraria establecida en los planos, deberán ser de vástago desplazable y deberán ajustarse a las Normas ASTM B-62, ASTM B-584, DIN 2999 e ISO R-7. La rosca interna, en ambos lados de las válvulas de fundición de bronce tipo cortina, deberá ser compatible con la de tuberías. Los grifos o llaves finales deberán ser de bronce, de aleación altamente resistente a la corrosión, debiendo ajustarse a las normas ASTM B-62 o ASTM B-584. Estos grifos o llaves finales deberán ser tipo globo con vástago desplazable (ascendente), con rosca externa (macho) tipo BSP cónica y ajustarse a las normas ISO R-7 y DIN 2999. Deberán llevar pico para manguera de 1/2" de diámetro, si Así estuviera establecido en los planos o en el formulario de presentación de propuestas. Dicho pico deberá ser removible. Las abrazaderas podrán ser fierro fundido o metálica, según esté establecido en el formulario de presentación de propuestas y de acuerdo al diseño indicado en los planos. Las válvulas para diámetros iguales o mayores a 6" (150 mm) deberán ser de fierro fundido, tipo compuerta o de mariposa. Sus extremos podrán ser de brida o campana con junta elástica. El cuerpo, la tapa y la uña de las válvulas de cortina serán de fierro fundido dúctil; los anillos de cierre de bronce según la Norma ASTM B-62, ajustados mecánicamente en el cuerpo; el vástago será de acero inoxidable con rosca trapezoidal y las empaquetaduras de elastómero SBR u otro material similar. En las válvulas de mariposa, el cuerpo, la tapa, la mariposa, la porta junta y el anillo de presión de acero inoxidable; los bujes serán de teflón reforzado y la empaquetadura de cierre de goma sintética. El accionamiento de las válvulas, según se especifique en los planos o en el formulario de presentación de propuestas deberán ser manual o comando a distancia. En el primer caso el accionamiento será directo por engranajes o por engranajes o by - pass. En el comando a distancia podrá

utilizarse accionamiento hidráulico, neumático o eléctrico. En la instalación de válvulas deberá preverse, además, el suministro de piezas especiales como niples rosca campana para diámetros de 4" o menores y brida espiga para diámetros mayores a 4", que permitan la unión con la tubería, según el tipo de junta y de material. Las presiones de servicio deberán ajustarse a lo señalado en el plano o formulario de presentación de propuestas, pero, en ningún caso serán menores a 10 kg/cm². El Contratista será el único responsable de la calidad, transporte, manipuleo y almacenamiento de la tubería y sus accesorios, debiendo reemplazar, antes de su utilización en obra, todo aquel material que presente daños o que no cumpla con las normas y especificaciones señaladas, sin que se le reconozca pago adicional alguno.

Procedimiento para la Ejecución.

Previo la localización de cada uno de los nudos de las redes de distribución o de los sectores donde deberán ser instalados los accesorios, válvulas y tuberías, el Contratista, con la aprobación del Supervisor de Obra, Procederá a la instalación de los mismos, respetando los diagramas de nudos y todos los otros detalles señalados en los planos o planillas respectivas. Antes de proceder a la instalación de los accesorios, éstos deberán ser verificados por el Contratista. En el caso de las válvulas, éstas deberán maniobrase repetidas veces y su cierre deberá ser hermético. Se revisará la pita grafitada de la prensa-estopa; si estuviera muy reseca y no ofreciera seguridad para evitar fugas, deberá ser cambiada por una nueva empaquetadura hidráulica grafitada. Cualquier fuga que se presentará, durante la prueba de presión, será reparada por cuenta y costo del Contratista.

Medición.

Este ítem será medido en forma global, de acuerdo a lo establecido en el formulario de presentación de propuestas. Si en el formulario de presentación de propuestas no se señalara en forma separada el ítem Accesorios, el mismo no será motivo de medición alguna, siendo considerado implícitamente dentro de ítem Provisión y Tendido de tuberías.

Forma de Pago.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y la presente especificación, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será cancelado al precio unitario de la propuesta aceptada. Dicho precio será compensación total por los

materiales, mano, de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos. De la misma manera indicada en el inciso medición, si en el formulario de presentación de propuestas no se señalará en forma separada del Ítem "Accesorios", el mismo se cancelará dentro del ítem "Provisión y Tendido de tuberías", debiendo el Contratista considerar este aspecto en su propuesta.

Ítem 7; 9: Zapata de Cimentación de H°A°-T.A.

Definición.

El trabajo de fundación de zapatas de hormigón armado debe garantizar de forma permanente, la estabilidad de la estructura que soporta, por ello deberá calcularse teniendo en cuenta lo siguiente: Previamente con los resultados que arroje el estudio de suelos se define la profundidad de desplante Df y el área necesaria de fundación definir si son zapatas concéntricas o con excentricidad simple o con doble excentricidad Además, seguir las siguientes recomendaciones: Adecuado coeficiente de seguridad frente al hundimiento. Adecuado coeficiente de seguridad frente al volcamiento. Los asientos que pueden producirse deben ser compatibles con la capacidad de deformación de la estructura cimentada. El tipo de suelo y sus características mecánicas, su granulometría, plasticidad, humedad natural consistencia y grado de compactación, resistencia, deformabilidad, peso específico suelto peso específico saturado agresividad, la situación del Nivel freático. Si existe peligro de congelación del terreno la cimentación deberá disponerse a la profundidad adecuada para que no resulte posible que se hiele la base de la misma, se recomienda una profundidad no inferior a 1.20 m.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Los materiales a utilizar son:

Cemento: Suministrado en su envase original de fábrica y almacenado en recinto cerrado rechazar cementos almacenados por más de tres meses a partir de la fecha de su retiro de fábrica.

Agregados: El material que provenga debe reunir las condiciones estipuladas en cuanto a agregados para hormigones en lo concerniente a tenacidad, durabilidad, resistencia a la compresión no se permitirá el mezclado ni el acopio de conjuntos de agregados finos provenientes de diferentes yacimientos La granulometría del agregado fino en el momento de utilizarse deberá de ser tal que, sometido al ensayo de tamizado, de acuerdo

al método A.A.S.H.O. T-27 38. La granulometría no debe sufrir variaciones que oscilen entre los límites extremos con este objeto se determina el módulo de fineza. El agregado fino con una variación de 0.20 en más o menos será rechazado o aceptado corrigiendo su granulometría o variando la dosificación de la mezcla.

Acero: Las armaduras para el hormigón serán de acero de un solo tipo de sección constituido por barras corrugadas con las siguientes características: Las barras no deben presentar defectos superficiales como grietas No se permitirá la unión de barras soldadas en obra Usar barras con límites de elasticidad no menor a 400 500 MPa.

Agua: El agua a emplearse en la preparación del hormigón será limpia y libre de impurezas tales como aceites, sales, ácidos, no usar agua proveniente de lagunas estancadas de existir duda en cuanto al comportamiento del mortero preparado el supervisor de obra podrá disponer de la realización de ensayos a compresión con probetas de 7 y 8 días de edad. Cemento. De tipo Pórtland normal en algún caso cemento especial si se requiere.

Procedimiento para la Ejecución.

Preparación del hormigón:

La preparación del Hormigón estará orientada a que queden garantizadas: La obtención de hormigones cuyas características mecánicas y de durabilidad satisfagan las exigencias del proyecto. La conservación de las características requeridas a lo largo del tiempo. Se fabricarán cilindros de testigos de c/ mezcla. El hormigón a utilizarse será H 25 que son los que se emplean en edificios según el CBH. La facilidad de trabajar con el hormigón, o sea su tendencia de segregación y comportamiento durante su puesta en obra, deberán estar dentro de los límites correspondientes medidos por el CONO DE ABRAMS, de acuerdo con el método de ensayo indicado en la NB/UNE 7103. Se recomienda un vibrado normal.

Encofrado:

Una vez armado la parrilla se procederá a vaciar la mezcla teniendo cuidado que no queden espacios o cangrejas, el encofrado se debe realizar con madera de construcción con mínimo de espesor 1", se procederá a desencofrar a los 14 días, lapso en el cual la mezcla ha adquirido buena resistencia, posteriormente se procederá a aplicar el impermeabilizante con un espesor de 2.00 mm. se debe considerar 350 kg por metro

cúbico de mezcla, además los recubrimientos mínimos de condiciones de clima severos. Se colocarán en eje los encofrados de las zapatas previo entibado con buena medra dejando un hueco de limpieza al pie del encofrado. El mezclado y la colocación del hormigón se procederá como se detallan en la parte de procedimientos y ejecución en el Ítem Estructuras de H°A°. Las armaduras se colocarán según los detalles estructurales que acompañan los planos. De la preparación del hormigón la facilidad de trabajo con el hormigón ya sea su tendencia de segregación y comportamiento durante su puesta en obra determinar esto con el cono de Adams. Antes de comenzar la preparación y el vaciado de concreto, todo el equipo necesario tanto para el mezclado como para el transporte debe estar limpio, los encofrados estarán en contacto con el hormigón deberán ser convenientemente humedecidos. Las zapatas de Hormigón Armado según se detallan en los planos con sus secciones respectivas y el tipo de fierro adoptado, previa verificación del Supervisor de Obra. Todo este proceso deberá ser realizado en forma adecuada según lo prescrito en el Código Boliviano del Hormigón. Para verificar la correcta dosificación del hormigón se debe realizar TODOS LOS LABORATORIOS NECESARIOS EN CUANTO A LA TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN en un laboratorio certificado por la entidad competente estos ensayos van desde (fineza del cemento, granulometría, peso específico del cemento, vía seca vía húmeda , ensayos de compresión etc., para posteriormente romper las probetas de dimensiones estándar a los 7 días , a los 14 días , a los 28 días esto para verificar la resistencia característica del hormigón con este dato verificar el diseño estructural de las zapatas ya que estas son las encargadas del soporte de toda la estructura.

Medición.

La medición será en metros cúbicos.

Forma de Pago.

El trabajo ejecutado será pagado según precios unitarios aceptados por la propuesta.

Ítem 8; 10: Columna de H°A° T.A.

Definición.

Este Ítem comprende la ejecución de las columnas de hormigón que servirán de soporte a las estructuras, a partir de la cota superior de las respectivas zapatas de acuerdo a los planos de detalle, formulario de presentación de propuestas y/o instrucción del Supervisor

de Obra. Se deberá realizar la verificación estructural de las columnas, antes de su ejecución, la cual se pondrá en consideración del Supervisor de Obra para su aprobación.

La tabla de madera del encofrado para las caras exteriores deberá ser cepillada, en vista de que las superficies del hormigón deberán quedar a la vista, salvo que se encuentre especificado el revoque correspondiente en el formulario de presentación de propuestas. En caso de que el hormigón de las columnas quedara con manchas de texturas o colocación diferente, el Contratista procederá al arreglo de los defectos y aplicará por su cuenta una pintura total color cemento a las columnas.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Todos los materiales, herramientas y equipo a emplearse en la preparación y vaciado del hormigón serán proporcionados por el contratista y utilizados por este, previa aprobación del Supervisor de Obra y deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Boliviana del Hormigón Armado CBH-87. Sección 2 – Materiales.

Cemento: Se deberán emplear cemento Pórtland del tipo normal, fresco y de calidad probada. Se podrá utilizar cementos de tipo especial siempre que su empleo esté debidamente justificado y cumpla las características y calidad requeridas para el uso al que se destine y se lo emplee de acuerdo a normas internacionales y previamente autorizados y justificados por el Supervisor de Obra. El cemento deberá ser almacenado en condiciones que la mantengan fuera de la intemperie y la humedad. El almacenamiento deberá organizarse en forma sistemática, de manera de evitar que ciertas bolsas se utilicen con mucho retraso y sufran un envejecimiento excesivo. En general no se deberán almacenar más de diez bolsas uno encima de otro. Un cemento que por alguna razón haya fraguado parcialmente o contenga terrones, grumos, costras, etc., será rechazado automáticamente y retirado del lugar de la Obra.

Agregados: Los áridos a emplearse en la fabricación de hormigones serán aquellas arenas y gravas obtenidas de yacimientos naturales, rocas trituradas y otros que resulte aconsejable, como consecuencia de estudios realizados en laboratorio. La arena o árido fino será aquel que pase el tamiz de 5 mm. de malla y grava o árido grueso el que resulte retenido por dicho tamiz. El 90 % en peso del árido grueso (grava) será de tamaño inferior a la menor de las dimensiones siguientes: Los cinco sextos de la distancia horizontal libre entre armaduras independientes, si es que dichas aberturas tamizan el vertido del

hormigón o de la distancia libre entre una armadura y el paramento más próximo. La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigones. Un tercio de la anchura libre de los nervios de los entrepisos. Un medio del espesor mínimo de la losa superior en los entrepisos.

Agua: El agua a emplearse para la mezcla, curación u otras aplicaciones, será razonablemente limpia y libre de aceite, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal o cualquier otra sustancia perjudicial para la obra.

No se permitirá el empleo de aguas estancadas procedentes de pequeñas lagunas o aquellas que provengan de pantanos o desagües. Toda agua de calidad dudosa deberá ser sometida al análisis respectivo y autorizado por el Supervisor de Obra antes de su empleo. La temperatura del agua para la preparación del hormigón deberá ser superior a 5 °C.

Acero: Los aceros de distintos diámetros y características se almacenarán separadamente, a fin de evitar la posibilidad de intercambio de barras. El tipo de acero y su fatiga de fluencia será aquel que este especificado en los planos estructurales. Queda terminantemente prohibido el empleo de aceros de diferentes tipos en una misma sección.

Aditivos: Se podrán emplear aditivos para modificar ciertas propiedades del hormigón, previa su justificación y aprobación expresa efectuada por el Supervisor de Obra.

Procedimiento para la Ejecución.

Mezclado:

El hormigón deberá ser mezclado mecánicamente, para lo cual: Se utilizaran una o más hormigoneras de capacidad adecuada y se empleara personal especializado para su manejo. Periódicamente se verificará la uniformidad del mezclado. Los materiales componentes serán introducidos en el orden siguiente:

- Una parte del agua del mezclado (aproximadamente la mitad).
- El cemento y la arena simultáneamente. Si esto no es posible, se verterá una fracción del primero y después la fracción que proporcionalmente corresponda de la segunda: repitiendo la operación hasta completar las cantidades previstas.
- La grava.
- El resto del agua de amasado.

El tiempo de mezclado, contando a partir del momento en que todos los materiales hayan ingresado al tambor, no será inferior a noventa segundos para capacidades útiles de hasta 1 m³, pero no menor al necesario para obtener una mezcla uniforme. No se permitirá un mezclado excesivo que haga necesario agregar agua para mantener la consistencia adecuada. No se permitirá cargar la hormigonera antes de haberse procedido a descargarla totalmente de la batida anterior.

El mezclado manual queda expresamente prohibido.

Colocación:

Antes del vaciado del hormigón en cualquier sección, el Contratista deberá requerir la correspondiente autorización escrita del Supervisor de Obra. Salvo el caso que se disponga de una protección adecuada y la autorización necesaria para proceder en sentido contrario, no se colocara hormigón mientras llueva. El espesor máximo de la capa de hormigón no deberá exceder de 50 cm. Exceptuando las columnas. La velocidad de colocación será la necesaria para que el hormigón en todo momento se mantenga plástico y ocupe rápidamente los espacios comprendidos entre las armaduras. No se permitirá verter libremente el hormigón desde alturas mayores a 1,50 m. En caso de alturas mayores, se deberá utilizar embudos y conductos cilíndricos verticales que eviten la segregación del hormigón. Se exceptúan de esta regla las columnas. Durante la colocación y compactación del hormigón se deberá evitar el desplazamiento de las armaduras.

Vibrado:

Las vibradoras serán del tipo de inmersión de alta frecuencia y deberán ser manejadas por obreros especializados. Los vibradores se introducirán lentamente y en posición vertical o ligeramente inclinada. El tiempo de vibración dependerá del tipo de hormigón y de la potencia del vibrador.

Protección y Curado:

Tan pronto el hormigón haya sido colocado se lo protegerá de efectos perjudiciales. El tiempo de curado será durante siete 7 días consecutivos, a partir del momento de inicio el endurecimiento. El curado se realizará por humedecimiento con agua, mediante riego aplicado directamente sobre las superficies.

Encofrados y Cimbras:

Podrán ser de madera, metálicos o de cualquier otro material suficientemente rígido. Deberán tener la resistencia y estabilidad necesaria, para lo cual serán convenientemente arriostrados. En vigas de más de 6 metros de luz y losas de grandes dimensiones se dispondrá de contra flechas en los encofrados. Previamente a la colocación del hormigón se procederá a la limpieza y humedecimiento de los encofrados. Si se desea aceitar los moldes, dicha operación se realizará previa a la colocación de la armadura y evitando todo contacto con la misma.

Remoción de Encofrados y Cimbras:

Los encofrados se retirarán progresivamente, sin golpes, sacudidas ni vibraciones. Durante el periodo de construcción, sobre las estructuras no apuntaladas, queda prohibido aplicar cargas, acumular materiales o maquinarias en cantidades que pongan en peligro su estabilidad.

Armaduras:

Las barras se cortarán y doblarán ajustándose estrictamente a las dimensiones y formas indicadas en los planos y las planillas de fierros, las mismas que deberán proporcionadas y/o verificadas por el Supervisor antes de su utilización. El doblado de las barras se realizará en frío mediante equipo adecuado, sin golpes ni choques, quedando prohibido el corte y doblado en caliente. Antes de proceder al colocado de las armaduras en los encofrados, se limpiarán adecuadamente, librándolas de polvo, barro, pinturas y todo aquello capaz de disminuir la adherencia. Todas las armaduras se colocarán en los diámetros y en las posiciones precisas señaladas en los planos. Las barras de la armadura principal se vincularán firmemente en los estribos. Para sostener y para que las armaduras tengan el recubrimiento respectivo se emplearan soportes de mortero de cemento con ataduras metálicas (galletas) que se fabricaran con la debida anticipación, quedando terminantemente prohibido el empleo de piedras como separadores. Se cuidará especialmente que todas las armaduras queden protegidas mediante recubrimientos mínimos especificados en los planos.

En lo posible no se realizarán empalmes en barras sometidas a tracción. Si fuera absolutamente necesario efectuar empalmes, estos se ubicarán en aquellos lugares donde las barras tengan menores solicitaciones (puntos de momento nulos). Aplicando las

longitudes de empalme del CBH. Todo ítem será revisado y aprobado para su ejecución por el supervisor de obras

Medición.

Las cantidades de hormigón armado que componen la estructura completa y terminada serán medidas en metros cúbicos. En esta medición se incluirá únicamente aquellos trabajos que sean aceptados por el Supervisor de Obra y que tengan las dimensiones y distribuciones de fierro indicadas en los planos o reformadas con autorización escrita del Supervisor de Obra. En los casos que se encontrará especificado en el formulario de presentación de propuestas “Hormigón Armado” se entenderá que el acero se encuentra incluido en este Ítem, por lo que no será objeto de medición alguna

Forma de Pago.

Los trabajos ejecutados en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medidos según lo señalado y aprobados por el supervisor de obra, serán cancelados a los precios unitarios de la propuesta aceptada. Dichos precios serán compensación total por los materiales empleados en la fabricación, mezcla, transporte, colocación construcción de encofrados armadura de fierro, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

Ítem 9; 11: Losa de Apoyo de H°A° T.A.

Definición.

Comprende todos los trabajos necesarios para la realización de la losa de hormigón armado. Se realizará la verificación estructural de los elementos antes de su ejecución, la cual deberá ser aprobada por el Supervisor de Obra.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Los materiales tendrán que ser aprobados por el supervisor y serán mínimamente: Cemento portland, 350kg; arenilla, 0.6m³; grava lavada, 0.8m³; fierro corrugado de 5000kg/cm², 120kg; alambre de amarre, 1kg; madera para encofrado; 90pie² y clavos, 1kg. Se tomarán en cuenta todas las especificaciones del Ítem Columnas de Hormigón armado, respecto a provisión, calidad y almacenado de materiales. Además, se proveerá

todas las herramientas y equipos necesarios para el mezclado y colocado, vibrado y moldeado final. La mezcladora será mínima de 300l.

Procedimiento para la Ejecución.

El recubrimiento mínimo del fierro corrugado será de 2cm en cualquier dirección. El hormigón del encadenado se colocará luego de ser aprobado el armado, encofrado, con las dimensiones y los niveles establecidos en planos y/o indicados por el supervisor. Además, se tomarán en cuenta todas las especificaciones del Ítem Columnas de Hormigón armado, respecto a transporte, mezclado, vibrado, curado, etc.

Medición.

Las cantidades de hormigón armado que componen la estructura completa y terminada serán medidas en metros cúbicos.

Forma de Pago.

El trabajo realizado, será pagado por m³ ejecutado y al precio unitario de la propuesta aceptada, dicho precio será la compensación total por todos los trabajos, materiales, herramientas, equipos, mano de obra y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de este ítem.

Ítem 10; 29, 33, 50,51: Base de Hormigón Pobre.

Definición.

Este ítem comprende la construcción de la capa de hormigón pobre de 5-10 cm. de espesor sobre la cual serán construidas las zapatas y vigas de arriostramiento de acuerdo a los planos del proyecto.

Materiales, Herramientas y Equipos.

El Ejecutor proveerá todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la correcta realización de esta actividad antes de autorizar el vaciado del hormigón. El cemento, la arena, la grava a utilizarse deberán cumplir con lo señalado en especificaciones de "Materiales de Construcción" (Anexo 1).

Procedimiento para la Ejecución.

El diseño de la dosificación del hormigón pobre empleando los materiales adecuados deberá considerar una resistencia característica de 120 Kg/cm².

El procedimiento de ejecución que engloba el mezclado, transporte, vaciado, vibrado, protección y curado del hormigón deberán ajustarse a lo señalado en el punto 3 del Anexo 2, tomando en cuenta las características indicadas en el plano correspondiente.

Medición.

La cuantificación métrica del hormigón pobre será por metro cuadrado, vaciado en sitio, en conformidad al precio unitario del ítem.

Forma de Pago.

El precio a pagarse por este ítem, será de acuerdo al precio unitario de la propuesta aceptada, que incluye la compensación total por todos los materiales, herramientas, mano de obra y equipo empleados en las actividades necesarias para la ejecución de este trabajo.

Ítem 11; 52: Impermeabilización de la base de – T.P.

Definición.

Este ítem se refiere a la impermeabilización de la base, de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra, entre el sobrecimiento y los muros, a objeto de evitar que el ascenso capilar del agua a través de los muros deteriore los mismos, los revoques y/o los revestimientos.

Materiales, Herramientas y Equipos.

El Contratista deberá proporcionar todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la ejecución de este ítem.

En los trabajos de impermeabilización se emplearán: •Alquitrán, brea de hulla, pintura bituminosa, imprimantes asfálticos en emulsión, cartón asfáltico, lámina impermeable asfáltica, a base de asfalto modificado. Norma ASTM D 95. •Polietileno de 200 micrones. Previa la aprobación del supervisor de obra.

Procedimiento para la Ejecución.

Una vez seca y limpia la superficie de la base o sobrecimiento, se aplicará una primera capa de alquitrán diluido o pintura bituminosa o una capa de alquitrán mezclado con arena fina. Sobre ésta se colocará el polietileno cortado en un ancho mayor en 2 cm. al de los sobrecimientos, extendiéndolo a lo largo de toda la superficie.

Los traslapes longitudinales no deberán ser menores a 10 cm. A continuación, se colocará una capa de mortero de cemento para colocar la primera hilada de ladrillos, bloques u otros elementos que conforman los muros.

Medición.

La impermeabilización de la base, sobrecimientos, pisos, columnas de madera, losas de cubiertas y otros será medida en metros lineales, tomando en cuenta únicamente el área neta del trabajo ejecutado y de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción.

Forma de Pago.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada. Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

Ítem 12; 30,34,37: Hormigón Armado H-21.

Definición.

Este ítem comprende la fabricación, transporte, colocación, compactación, protección y curado del hormigón simple o armado para todas las partes estructurales de la obra que tengan hormigón armado 1:2:3 H21, ajustándose estrictamente al trazado, alineación, elevaciones y dimensiones señaladas en los planos y/o instrucciones del Supervisor de Obra. Todas las estructuras de hormigón simple o armado, deberán ser ejecutadas de acuerdo con las dosificaciones y resistencias establecidas en los planos, en estricta sujeción con las exigencias y requisitos establecidos en la Norma Boliviana del Hormigón Armado CBH-87.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Todos los materiales, herramientas y equipo a emplearse en la preparación y vaciado del hormigón serán proporcionados por el Contratista y utilizados por éste, previa aprobación del Supervisor de Obra y deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Boliviana del Hormigón Armado CBH-87 Sección 2-Materiales.

Cemento: Para la elaboración de los hormigones se debe hacer uso sólo de cementos que cumplan las exigencias de las NORMAS BOLIVIANAS referentes a cementos Portland

(N.B. 2.1-001 hasta N.B. 2.1 - 014). En ningún caso se debe utilizar cementos desconocidos o que no lleven el sello de calidad otorgado por el organismo competente (IBNORCA). En los documentos de origen figurarán el tipo, la clase y categoría a que pertenece el cemento, así como la garantía del fabricante de que el cemento cumple las condiciones exigidas por las N. B. 2.1-001 hasta 2.1 - 014. El fabricante proporcionará, si se lo solicita, copia de los resultados de análisis y ensayos correspondientes a la producción de la jornada a que pertenezca la partida servida." (N.B. CBH - 87 pág. 13) Se podrá utilizar cementos de tipo especial siempre que su empleo esté debidamente justificado y cumpla las características y calidad requeridas para el uso al que se destine y se lo emplee de acuerdo a normas internacionales y previamente autorizados y justificados por el Supervisor de Obra. El cemento deberá ser almacenado en condiciones que lo mantengan fuera de la intemperie y la humedad. El almacenamiento deberá organizarse en forma sistemática, de manera de evitar que ciertas bolsas se utilicen con mucho retraso y sufran un envejecimiento excesivo. En general no se deberán almacenar más de 10 bolsas una encima de la otra. Un cemento que por alguna razón haya fraguado parcialmente o contenga terrones, grumos, costras, etc. será rechazado automáticamente y retirado del lugar de la obra.

Agregados: Los áridos a emplearse en la fabricación de hormigones serán aquellas arenas y gravas obtenidas de yacimientos naturales, rocas trituradas y otros que resulte aconsejable, como consecuencia de estudios realizados en laboratorio. Los áridos para morteros y hormigones, deben cumplir en todo con las Normas Bolivianas N.B. 596-91, N.B. 597-91, N.B. 598-91, N.B. 608-91, N.B. 609-91, N.B. 610-91, N.B. 611-91, N.B. 612-91 las cuales han sido determinadas por el IBNORCA. La arena o árido fino será aquél que pase el tamiz de 5 mm de malla y grava o árido grueso el que resulte retenido por dicho tamiz. El 90% en peso del árido grueso (grava) será de tamaño inferior a la menor de las dimensiones siguientes: Los cinco sextos de la distancia horizontal libre entre armaduras independientes, si es que dichas aberturas tamizan el vertido del hormigón o de la distancia libre entre una armadura y el paramento más próximo. La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigone. Un tercio de la anchura libre de los nervios de los entrepisos. Un medio del espesor mínimo de la losa superior en los entrepisos

Agua: El agua a emplearse para la mezcla, curación u otras aplicaciones, será razonablemente limpia y libre de aceite, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal o cualquier otra sustancia perjudicial para la obra. No se permitirá el empleo de aguas estancadas procedentes de pequeñas lagunas o aquéllas que provengan de pantanos o desagües. Toda agua de calidad dudosa deberá ser sometida al análisis respectivo y autorizado por el Supervisor de obra antes de su empleo. La temperatura del agua para la preparación del hormigón deberá ser superior a 5°C. El agua para hormigones debe satisfacer en todo a lo descrito en las N.B. 587-91 y N. B. 588 - 91.

Acero: Los aceros de distintos diámetros y características se almacenarán separadamente, a fin de evitar la posibilidad de intercambio de barras. El tipo de acero y su fatiga de fluencia será aquel que esté especificado en los planos estructurales. Queda terminantemente prohibido el empleo de aceros de diferentes tipos en una misma sección.

Aditivos: Se podrán emplear aditivos para modificar ciertas propiedades del hormigón, previa su justificación y aprobación expresa efectuada por el Supervisor de Obra. Como el modo de empleo y la dosificación deben ser de estudio adecuado, debiendo asegurarse una repartición uniforme de aditivo, este trabajo deberá ser encomendado a personal calificado y preferentemente bajo las recomendaciones de los fabricantes de los aditivos.

Procedimiento para la Ejecución.

Mezclado:

El hormigón deberá ser mezclado mecánicamente, para lo cual:

Se utilizarán una o más hormigoneras de capacidad adecuada y se empleará personal especializado para su manejo.

Periódicamente se verificará la uniformidad del mezclado.

Los materiales componentes serán introducidos en el orden siguiente: Una parte del agua del mezclado (aproximadamente la mitad). El cemento y la arena simultáneamente. Si esto no es posible, se verterá una fracción del primero y después la fracción que proporcionalmente corresponda de la segunda; repitiendo la operación hasta completar las cantidades previstas. La grava. El resto del agua de amasado.

El tiempo de mezclado, contando a partir del momento en que todos los materiales hayan ingresado al tambor, no será inferior a noventa segundos para capacidades útiles de hasta

1 m³, pero no menor al necesario para obtener una mezcla uniforme. No se permitirá un mezclado excesivo que haga necesario agregar agua para mantener la consistencia adecuada. No se permitirá cargar la hormigonera antes de haberse procedido a descargarla totalmente de la batida anterior. El mezclado manual queda expresamente prohibido.

Transporte:

El hormigón será transportado desde la hormigonera hasta el lugar de su colocación en condiciones que impidan su segregación o el comienzo del fraguado. Para ello se emplearán métodos y equipo que permitan mantener la homogeneidad del hormigón y evitar la pérdida de sus componentes o la introducción de materias ajenas. Para los medios corrientes de transporte, el hormigón deberá quedar colocado en su posición definitiva dentro de los encofrados antes de que transcurran treinta minutos desde que el agua se ponga en contacto con el cemento. Colocación:

Antes del vaciado del hormigón en cualquier sección, el Contratista deberá requerir la correspondiente autorización escrita del Supervisor de Obra. Salvo el caso que se disponga de una protección adecuada y la autorización necesaria para proceder en sentido contrario, no se colocará hormigón mientras llueva. El espesor máximo de la capa de hormigón no deberá exceder de 50 cm., exceptuando las columnas. La velocidad de colocación será la necesaria para que el hormigón en todo momento se mantenga plástico y ocupe rápidamente los espacios comprendidos entre las armaduras. No se permitirá verter libremente el hormigón desde alturas mayores a 1.50 metros. En caso de alturas mayores, se deberá utilizar embudos y conductos cilíndricos verticales que eviten la segregación del hormigón. Se exceptúan de esta regla las columnas. Durante la colocación y compactación del hormigón se deberá evitar el desplazamiento de las armaduras.

Vibrado:

Las vibradoras serán del tipo de inmersión de alta frecuencia y deberán ser manejadas por obreros especializados. Las vibradoras se introducirán lentamente y en posición vertical o ligeramente inclinada. El tiempo de vibración dependerá del tipo de hormigón y de la potencia del vibrador.

Protección y curado:

El hormigón, una vez vaciado, deberá protegerse contra la lluvia, el viento, sol y en general contra toda acción que lo perjudique. El tiempo de curado será durante siete días

consecutivos, a partir del momento en que se inició el endurecimiento. El curado se realizará por humedecimiento con agua, mediante riego aplicado directamente sobre las superficies o sobre arpilleras.

Encofrados y Cimbras:

Podrán ser de madera, metálicos o de cualquier otro material suficientemente rígido. Deberán tener la resistencia y estabilidad necesaria, para lo cual serán convenientemente arriostrados. En vigas de más de 6 metros de luz y losas de grandes dimensiones se dispondrá de contra flechas en los encofrados. Previamente a la colocación del hormigón se procederá a la limpieza y humedecimiento de los encofrados. Si se desea aceitar los moldes, dicha operación se realizará previa a la colocación de la armadura y evitando todo contacto con la misma. En todos los ángulos se pondrán filetes triangulares. Remoción de encofrados y cimbras Los encofrados se retirarán progresivamente, sin golpes, sacudidas ni vibraciones. Durante el período de construcción, sobre las estructuras no apuntaladas, queda prohibido aplicar cargas, acumular materiales o maquinarias en cantidades que pongan en peligro su estabilidad.

Armaduras:

Las barras se cortarán y doblarán ajustándose estrictamente a las dimensiones y formas indicadas en los planos y las planillas de fierros, las mismas que deberán ser verificadas por el Supervisor antes de su utilización. El doblado de las barras se realizará en frío mediante equipo adecuado, sin golpes ni choques, quedando prohibido el corte y doblado en caliente. Antes de proceder al colocado de las armaduras en los encofrados, se limpiarán adecuadamente, librándolas de polvo, barro, pinturas y todo aquello capaz de disminuir la adherencia. Todas las armaduras se colocarán en los diámetros y en las posiciones precisas señaladas en los planos. Las barras de la armadura principal se vincularán firmemente con los estribos. Para sostener y para que las armaduras tengan el recubrimiento respectivo se emplearán soportes de mortero de cemento con ataduras metálicas (galletas) que se fabricarán con la debida anticipación, quedando terminantemente prohibido el empleo de piedras como separadores. Se cuidará especialmente que todas las armaduras queden protegidas mediante recubrimientos mínimos especificados en los planos. En ningún caso se permitirá el soldado de las armaduras de cualquier tipo, exceptuando y solo cuando los planos constructivos así lo determinen se permitirá el uso de mallas electro soldadas.

Medición.

Las cantidades de hormigón armado que componen las diferentes estructuras completa y terminada, en metros cúbicos: En la medición se incluirá únicamente aquellos trabajos que sean aceptados por el Supervisor de Obra y que tengan las dimensiones y distribuciones de fierro indicadas en las planillas de fierro, en los planos o reformadas con autorización escrita del Supervisor de Obra. No se considerará las pérdidas por recortes y empalmes.

Forma de Pago.

Los trabajos ejecutados en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medidos según lo señalado y aprobados por el Supervisor de Obra, serán cancelados a los precios unitarios de la propuesta aceptada. Dichos precios serán compensación total por los materiales empleados en la fabricación, mezcla, transporte, colocación, construcción de encofrados, armadura de fierro, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

Ítem 13; 12,26,48,54: Relleno y Compactado.

Definición.

Consiste en rellenar con material común (tierra) o granular proveniente de las inmediaciones de la obra, los lugares indicados en los planos del proyecto o de acuerdo a instrucciones escritas del Supervisor de Obra.

Materiales, Herramientas y Equipos.

El Contratista proporcionará todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la ejecución de los trabajos, los mismos deberán ser aprobados por el Supervisor de Obra. El material de relleno a emplearse será preferentemente el mismo suelo extraído de la excavación, libre de pedrones y material orgánico.

En caso de que no se pueda utilizar dicho material de la excavación o el formulario de presentación de propuestas señalase el empleo de otro material o de préstamo, el mismo deberá ser aprobado y autorizado por el Supervisor de Obra. No se permitirá la utilización de suelos con excesivo contenido de humedad, considerándose como tales, aquellos que

igualen o sobrepasen el límite plástico del suelo. Igualmente se prohíbe el empleo de suelos con piedras mayores a 10 cm de diámetro.

Procedimiento para la Ejecución.

Todo relleno y compactado deberá realizarse en los lugares que indique el proyecto o en otros con aprobación previa del Supervisor de Obra. El relleno será de material procedente de los lugares que indique el Supervisor de Obra.

Durante el proceso de relleno, podrán construirse drenajes si así lo exigiera el proyecto, o los que señale el Supervisor de Obra. El equipo de compactación a ser empleado será el exigido en la propuesta. En caso de no estar especificado el Supervisor aprobará por escrito el equipo a ser empleado. En ambos casos se exigirá el cumplimiento de la densidad de compactación especificada.

El material de relleno deberá colocarse en capas no mayores a 20 cm., con un contenido óptimo de humedad, procediéndose al compactado A requerimiento del Supervisor de Obra, se efectuarán pruebas de densidad en sitio, corriendo por cuenta del Contratista los gastos que demanden estas pruebas. Asimismo, en caso de no satisfacer el grado de compactación requerido, el Contratista deberá repetir el trabajo por su cuenta y riesgo. El grado de compactación para vías con tráfico vehicular deberá ser del orden del 95% del Proctor modificado.

El Supervisor de Obra exigirá la ejecución de pruebas de densidad en sitio a diferentes niveles del relleno. Las pruebas de compactación serán llevadas a cabo por el Contratista o podrá solicitar la realización de este trabajo a un laboratorio especializado, quedando a su cargo el costo de las mismas. En caso de no haber alcanzado el porcentaje requerido, se deberá exigir el grado de compactación indicado.

Medición.

Este ítem será medido en metros cúbicos compactados.

Forma de Pago.

El trabajo ejecutado de acuerdo a lo especificado, será pagado según el precio unitario de la propuesta aceptada. Este precio será la compensación total por el relleno, incluyendo mano de obra, suministro de equipo, herramientas, y trabajos adicionales que pudieran requerirse. No será motivo de pago adicional alguno los gastos que demanden el

humedecimiento u oreo del material para alcanzar la humedad apropiada o los medios de protección que deben realizarse para evitar el humedecimiento excesivo por lluvias, por lo que el Contratista deberá considerar estos aspectos en su precio unitario.

Ítem 14; 13,53: Prov. y Colocación de Tanque de Almacenamiento + accesorios.

Definición.

Este ítem se refiere a la provisión e instalación de accesorios en toda la tubería de limpieza y rebose y todos los accesorios que intervienen en el tanque de almacenamiento. Estos se encuentran ubicados en el tanque de almacenamiento, como se pueden apreciar en los planos de construcción y de detalles, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obras.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Todos los materiales, herramientas y equipo, que sean necesarios para la ejecución de este ítem, deberán ser provistos por el Contratista y empleados en obra, previa aprobación del Supervisor de Obra.

Las tuberías de PVC y otras deberán cumplir con las Normas ASTM y Normas Bolivianas Pertinentes. Los accesorios como ser: codos, llaves de paso, reducciones y tees y otros serán de PVC, de acuerdo a lo establecido en los planos, con sus extremos compatibles con las uniones de las tuberías y en conformidad a las Normas ISO para fierro galvanizado y Normas Bolivianas NB-14.6-001, 213-77 y Normas ASTM D-1785 y D-2241 para PVC. Las llaves de paso deberán ser de aleación altamente resistente a la corrosión con rosca interna (hembra) en ambos lados. En cuanto a su acabado deberá presentar superficies lisas y aspecto uniforme, tanto externa como internamente, sin porosidades, rugosidades, rebabas o cualquier otro defecto de fabricación. Los grifos o llaves finales deberán ser de bronce, de aleación altamente resistente a la corrosión debiendo ajustarse a las normas ASTM B-62 o ASTM B-584. El contratista será el único responsable de la calidad, transporte, manipuleo y almacenamiento de la tubería y accesorios, debiendo reemplazar, antes de su utilización en obra, todo aquel material que presente daños o que no cumpla con las normas y especificaciones señaladas, sin que se le reconozca pago adicional alguno.

Procedimiento para la Ejecución.

Prevía localización de cada uno de los nudos de las tuberías donde deberán ser instalados los accesorios y tuberías, el Contratista, con la aprobación del Supervisor de Obra, procederá a la instalación de los mismos, respetando los diagramas de nudos y todos aquellos detalles señalados en los planos o planillas respectivas. Antes de proceder a la Instalación de los accesorios, éstos deberán ser verificados por el contratista. En el caso de las llaves, estas deberán maniobrase repetidas veces y su cierre deberá ser hermético. Cualquier fuga que se presentará, durante la prueba de presión, será reparada pro-cuenta y costo del Contratista.

Medición.

Este ítem será medido en forma global de acuerdo a lo establecido en el formulario de presentación de propuestas.

Forma de Pago.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada. Dicho precio será compensación total por mano de obra, herramientas, equipo y demás gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

Ítem 15; 16,17,18,45,46: Prov. y Tendido Tubo Desagüe (1 ½", 2", 4", 6").

Definición.

Este componente comprende todo el sistema de Colectores para la recolección de las aguas servidas de todo el Hospital para su adecuada disposición final de los mismos, la ejecución de una Tanque Séptico y un FAFA, además de un pozo de absorción.

El adecuado almacenamiento y cuidado de los materiales son de exclusiva responsabilidad del contratista. Los tubos deben colocarse horizontalmente de acuerdo a las pendientes mostradas en planos de diseño para cada caso; el piso debe estar libre de clavos, piedras u otros objetivos que puedan dañar el tubo.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Tubería y accesorios de cloruro de polivinilo (plástico) P.V.C.

Deberán ser lisos, libre de grietas y fisuras y otros defectos que alteren su calidad.

Deberán ser de color uniforme.

La tubería a usar debe cumplir mínimamente con lo determinado para una SDR-35.

La tubería a instalar debe contar con Sello IBNORCA y su respectivo certificado de ensayo tipo extendida por IBNORCA para el lote de producción.

El limpiador y lubricante para las uniones, deberá necesariamente ser el recomendado por el fabricante, así como por el proveedor de la tubería. De igual forma procede para el líquido limpiador.

Todos los accesorios serán de marca reconocida y de la misma calidad que la tubería que unen y enmarcados en las normas señaladas.

Procedimiento para la Ejecución.

Una vez ejecutadas las uniones, no se debe mover la tubería por un periodo de 20 minutos, si la unión es soldada. Los cortes de tubos serán ejecutados con sierra para tubos. Efectuando el corte, se alisarán los extremos con papel lija eliminando las asperezas. Los extremos a unir deberán limpiarse cuidadosamente con líquido limpiador. La superficie exterior del tubo y la superficie interior de la campana, deberán recubrir el pegamento distribuido uniformemente en ambas superficies. Alternativamente se podrá emplear junta del tipo junta rápida con anillo de goma previa a la aprobación del Supervisor de Obra. Verificar la penetración del tubo hasta el tope de la campana, midiendo antes de la operación, la longitud del enchufe. Las uniones no deberán someterse a ningún esfuerzo durante 24 horas de efectuado el empalme. Los extremos libres deberán cerrarse por medio de tapones de mismo diámetro. No se permitirá el uso de papel o madera. Las conexiones de PVC con fierro fundido se ejecutarán por calafateo con plomo, colocando estopa alquitranada alrededor del tubo plástico previamente lijado. Luego se llenará el espacio anular con plomo líquido hasta el final del tubo de la campana. Tubería de PVC. Desagüe o SDR-35 para ventilación sanitaria.

Requisitos de calidad: Son los mismos que en el caso del capítulo anterior.

Ejecución: Se prolongará la ventilación 0.50 a 1.00 metros como mínimo por encima del techo o según detalle de planos. Los sombreretes de ventilación serán del mismo material,

de diseño apropiado, tal que no permita la entrada casual de materiales extraños y deberán dejar como mínimo un área libre igual a la del tubo respectivo.

Prueba de las instalaciones: Todos los trabajos ejecutados en ramales de baños, bajantes sanitarios y pluviales, colectores sanitarios y pluviales colgados, montantes y ramales de ventilación, etc. serán sometidos a las pruebas correspondientes, según se describe en lo que sigue. Se colocarán tapones en las salidas bajas, se llenará con agua las bajantes y los ramales. No deberá presentar fugas después de 24 horas de llenados los tubos, en caso contrario el Contratista deberá reparar todos los defectos, a su costo, y repetir las pruebas hasta lograr la aprobación de la Supervisión.

Medición.

Los ítems que incluyen a este módulo serán medidos de acuerdo a lo realmente ejecutado e instrucciones del Supervisor.

Forma de Pago.

Los ítems que incluyen a este módulo serán pagados a satisfacción del Supervisor de Obra, de acuerdo al precio unitario aprobado en la propuesta del contratista.

Ítem 16; 19,20,21,22,23,24: Prov. Colocación de Artefactos Sanitarios.

Definición.

Este componente comprende, el suministro de mano de obra y equipo necesarios para la instalación de artefactos sanitarios para los ambientes que requieren de ellos de acuerdo a lo descrito en cada ítem a ejecutar. Además de la instalación de tuberías de alimentación y desagüe para cada uno de ellos, de acuerdo con lo detallado en los planos. El contratista será responsable del almacenamiento y cuidado de cada uno de los artefactos hasta su instalación en la obra. La instalación se realizará cuidadosamente siguiendo las instrucciones del fabricante.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Los artefactos, accesorios y materiales, deberán contar con la garantía del proveedor, debiendo el contratista, adjuntar, asimismo, los catálogos, manuales de montaje y otros.

Los materiales a utilizar son: Artefactos Sanitarios, Chicotillo, Lavamanos con grifería temporizado, Inodoro blanco tanque bajo, Cemento blanco, Lavador de acero de 2 fosas, Base de ducha 0,8x0,8 m, Cemento Portland, Arena fina, Cañería galvanizada, Codo FG

½", Mezclador y transformador p/ ducha, Niple hexagonal de FG de ½", Tee FG de ½", Ducha, Urinario, Jalones Metálicos.

Los materiales como Cemento blanco, Agregados y otros deben cumplir lo determinado en las Especificaciones Técnicas de Estructuras y Obra fina.

Procedimiento para la Ejecución.

Inodoro:

Para proceder a la instalación de piezas sanitarias en los ambientes de baños o áreas de servicio, estos sitios deben considerarse listos, es decir con pisos terminados, cerámicas colocadas, paredes pintadas, muebles instalados. Se determinará el material necesario para una jornada de trabajo y se solicitará en bodega, el sobrante al final de la jornada será devuelto a bodega. Para la conexión de agua a los artefactos sanitarios se empleará cinta teflón que asegure la junta como; así como los empaques propios del fabricante. Se cuidará que al momento de instalar cada artefacto, el desagüe correspondiente esté limpio en su interior y escurra el agua perfectamente. Para instalar el inodoro, se debe hacer un replanteo a lápiz en el piso para centrar perfectamente el inodoro en su sitio; se marcan las perforaciones para los pernos de fijación, se taladran y colocan los tacos. Para un acople correcto de la taza del inodoro a la tubería de desagüe, se utilizará un empaque de cera que se ajusta a la abertura inferior de la taza y se asienta a presión sobre la boca del desagüe en el piso, logrando la posición nivelada del artefacto en la que se aprietan los pernos de fijación. Al tanque del inodoro se le ajusta la válvula de entrada de agua con los respectivos empaques, y luego el tanque se asegura sobre la taza ya colocada; se conecta la llave angular y tubería de abasto. Una vez fijo todo el artefacto se somete a una prueba de funcionamiento procediendo a una inspección muy detenida para detectar fugas o defectos de fabricación y regulación de la altura del agua en el tanque; la existencia de fugas serán motivo de ubicación y reparación para proceder a una nueva inspección. Los ajustes de las partes cromadas u otras de la grifería se realizarán con sumo cuidado y preferentemente a mano, con la utilización de paños de tela o esponja fina, para no dañar su acabado.

Lavamanos:

Considerarse listos, es decir con pisos terminados, cerámicas colocadas, paredes pintadas, muebles instalados. Se determinará el material necesario para una jornada de trabajo y se

solicitará en bodega, el sobrante al final de la jornada será devuelto a bodega. Para la conexión de artefactos sanitarios se empleará una cinta teflón que asegure la junta; así como los empaques propios del fabricante. Se cuidará que al momento de instalar cada artefacto, el desagüe correspondiente esté limpio en su interior y escurra el agua perfectamente. Para proceder con la instalación, se realizará un replanteo a lápiz en la pared, para centrar perfectamente el lavamanos en su sitio; dependiendo del modelo, se marcan las perforaciones para los pernos de fijación, se taladran y colocan los tacos; se cuidará la altura y nivelación correcta. Si va colocado en un mueble se marca el corte del tablero con la plantilla que facilita el fabricante; si se trata de un mueble fundido también se cuidará en dejar el espacio adecuado para insertar el lavamanos. Para una conexión correcta del lavamanos a la tubería de desagüe, se utilizará un acople de PVC que quedará pegado al tubo de desagüe; para la conexión de agua, se instalan las llaves de angulares y tubos de abasto. Al lavamanos se le ajusta la grifería y el desagüe con los respectivos empaques, luego se asegura el artefacto con los tacos y uñetas, o con el pedestal si es el caso, o a su vez con un sello de silicona sobre el mueble; es posible entonces conectar las tuberías de abasto al grifo, así como el sifón al desagüe. Una vez fijo todo el artefacto se somete a varias pruebas de funcionamiento, procediendo a una inspección muy detenida para detectar fugas o defectos de fabricación; la existencia de fugas serán motivo de ubicación y reparación para proceder a una nueva inspección. Los ajustes de las partes cromadas, doradas, de acrílico u otras de la grifería, se realizarán con sumo cuidado y preferentemente a mano, con la utilización de paños de tela o esponja fina, para no dañar su acabado.

La Supervisión, realizará la aceptación o rechazo del lavamanos instalado, verificando el cumplimiento de normas, su correcta instalación, su buen funcionamiento y las condiciones en las que se concluye y entrega el ítem.

Lavador de Acero:

Para proceder a la instalación de fregaderos en las cocinas, áreas de servicio y otros ambientes indicados, estos sitios deben considerarse listos, es decir con pisos terminados, cerámicas colocadas, paredes pintadas, muebles instalados o fundidos. Se determinará el material necesario para una jornada de trabajo y se solicitará en bodega, el sobrante al final de la jornada será devuelto a bodega. Para la conexión de la grifería del fregadero se empleará cinta teflón que asegure la junta; así como los empaques propios del fabricante.

Se cuidará que al momento de instalar cada fregadero, el desagüe correspondiente esté limpio en su interior y escurra el agua perfectamente. Para iniciar con la instalación del fregadero, se realizará un replanteo a lápiz en el mueble, se marca el corte del tablero, y será cortado con la herramienta adecuada especializada para conseguir un corte sin fallas. Para una conexión correcta del fregadero a la tubería de desagüe, se utilizará un acople de PVC de 38 mm ó 1 ½” que debe quedar pegado al tubo de desagüe. Al fregadero se le ajusta la grifería y el desagüe con los respectivos empaques, luego se asegura el artefacto con un sello de silicona sobre el mueble; es posible entonces conectar las llaves angulares y tuberías de abasto al grifo, así como el sifón al desagüe. Una vez fijo todo el fregadero con su grifería, se somete a una prueba de funcionamiento procediendo a una inspección muy detenida para detectar fugas o defectos de fabricación; la existencia de fugas serán motivo de ubicación y reparación para proceder a una nueva inspección. Los ajustes de las partes de acrílico, cromadas, doradas u otras de la grifería, se realizarán con cuidado, a mano y con la utilización de paños de tela o esponja fina, para no dañar su acabado. La Supervisión realizará la aceptación o rechazo del fregadero y grifería, verificando el cumplimiento de normas, su correcta instalación, su buen funcionamiento y las condiciones en las que se concluye y entrega el rubro.

Ducha c/ Base:

Para su instalación, con la red de agua potable, se clasificarán y numerarán, dejando en la caja original, las piezas que se colocarán a la finalización de la obra. El constructor protegerá adecuadamente el conjunto de piezas que queda instalado con la red de agua, de los trabajos de enlucidos, corchado y colocación de azulejo, para impedir el daño del pistón, eje y cilindro. La profundidad de la colocación, estará acorde con la indicación del fabricante, para permitir la fijación posterior, adecuada y justa, de la roseta, volante y tapa rosca, así como de la ducha. Se debe verificar que la mano de obra sea la adecuada para trabajar en la instalación de piezas sanitarias. Como sellante se empleará cinta teflón o similares, previa prueba y aprobación de la supervisión. La ducha que se instale será anclada fijamente cuidando su correcta alineación, nivelación y presencia estética. El constructor dispondrá de los cuidados y protecciones requeridas, para evitar daños en pisos, paredes, muebles y demás elementos del ambiente en el que se instala el artefacto sanitario. Antes de dar por terminada la instalación de la ducha se procederá a probar su funcionamiento, con una inspección muy detenida para observar si hay fugas de agua o

filtraciones, en cuyo caso se hará la reparación correspondiente y se realizará una nueva inspección. La ubicación, las duchas probadas, sus novedades y resultados se anotarán en el libro de obra. Las duchas ya aprobadas se mantendrán con agua a la presión disponible en el sitio, para detectar fácilmente cualquier desperfecto que se produzca hasta la terminación de la obra. Se debe proceder a cerrar los ambientes que tienen la grifería ya instalada, a la circulación normal de los obreros. La supervisión realizará la aceptación o rechazo de la ducha instalada, verificando el cumplimiento de normas, su correcta instalación, su buen funcionamiento y las condiciones en las que se concluye y entrega el rubro. Igualmente se verificará el estado del ambiente en el que se instaló el artefacto sanitario: será perfectamente limpio, sin manchas en pisos, paredes, muebles puertas, cerraduras y demás elementos del ambiente. El constructor dispondrá realizar la limpieza final y cualquier arreglo por daños causados en la instalación del artefacto sanitario.

Urinarios:

Para proceder a la instalación de piezas sanitarias en los ambientes de baños o áreas de servicio, estos sitios deben considerarse listos, es decir con pisos terminados, cerámicas colocadas, paredes pintadas, muebles instalados. Se determinará el material necesario para una jornada de trabajo y se solicitará en bodega, el sobrante al final de la jornada será devuelto a bodega.

Para la conexión de agua a los artefactos sanitarios se empleará cinta teflón que asegure la junta como; así como los empaques propios del fabricante. Se cuidará que al momento de instalar cada artefacto, el desagüe correspondiente esté limpio en su interior y escurra el agua perfectamente. Para instalar el urinario, se debe hacer un replanteo a lápiz en el piso para centrar perfectamente el urinario en su sitio; se marcan las perforaciones para los pernos de fijación, se taladran y colocan los tacos. Para un acople correcto del urinario a la tubería de desagüe, se utilizará un empaque de cera que se ajusta a la abertura inferior del urinario y se asienta a presión sobre la boca del desagüe en el piso, logrando la posición nivelada del artefacto en la que se aprietan los pernos de fijación. Una vez fijo todo el artefacto se somete a una prueba de funcionamiento procediendo a una inspección muy detenida para detectar fugas o defectos de fabricación. Los ajustes de las partes cromadas u otras de la grifería se realizarán con sumo cuidado y preferentemente a mano, con la utilización de paños de tela o esponja fina, para no dañar su acabado. Los urinarios serán afianzados al piso mediante abrazaderas de conexión al tubo de descarga; no se

permitirá su instalación con mortero pobre. La Supervisión realizará la aceptación o rechazo del urinario instalado, verificando el cumplimiento de las normas, su correcta instalación, su buen funcionamiento y las condiciones en las que se concluye y entrega el ítem.

Medición.

Se medirá por unidad correctamente instalada, al precio unitario de contrato, bajo la siguiente denominación: (Pza).

Forma de Pago.

Los ítems que incluyen a este módulo serán pagados a satisfacción del Supervisor de Obra y cuantificados de acuerdo a lo realmente ejecutado, de acuerdo al precio unitario aprobado en la propuesta del contratista bajo la siguiente denominación.

Ítem 17; Prov. e Inst. Cajas Sifonadas + Rejilla de Piso.

Definición.

Las Cajas Interceptoras son artefactos sanitarios que tienen el fin de recolectar aguas de unidades independiente como cocinas, baños, etc., se instalan con el objetivo de facilitar la limpieza de los artefactos sanitarios como lavamanos, lavaplatos, duchas, excepto los inodoros y urinarios, debido a que se conectan al sistema de desagüe sanitario deben contar con un sistema de cierre hidráulico que evite la salida de olores fétidos propios del funcionamiento de la instalación. Los lavaplatos instalados en las cafeterías y restaurantes y otros ambientes deben tener acoplado al lavaplatos una caja desgrasadora que cumpla las características y dimensiones detalladas en los planos de diseño. La boca de registro es un artefacto que tiene el objetivo de brindar un punto de limpieza a la red de desagüe sanitario; la boca de registro será de 6” de diámetro de PVC; a ser instalado en los sitios detallados en los planos de diseño.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Las cajas interceptoras serán de PVC con un diámetro de 4” y 6” respectivamente; además deben tener una rejilla metálica superior. En ningún caso se aceptará la fabricación manual de estas piezas, solo podrán ser provistas por un fabricante o distribuidor autorizado, de acuerdo a diseño y según los diámetros requeridos: Pegamento para PVC, Limpiador PVC, Caja Sifonada, Sumidero de piso.

Procedimiento para la Ejecución.

La instalación de las Bocas de registro y Cajas Interceptoras con rejilla de piso en cada planta de la edificación, debe considerar el replanteo previo, a fin de ubicar exactamente cada ingreso en el sitio correcto, debiendo verificarse esta ubicación con la requerida por los planos de instalación sanitaria, y previa aprobación del Supervisor de Obra. Las uniones entre tuberías y las bocas y Cajas deberán estar totalmente limpias antes de realizarlas. Se utilizarán limpiadores, pegamentos o sellantes líquidos garantizados para evitar fugas.

Medición.

La provisión de las Cajas o cámaras Sifonadas y rejilla de piso, será por pieza y de acuerdo a los requerimientos del formulario de presentación de propuestas.

Forma de Pago.

La cancelación se realizará bajo la siguiente denominación:(Pza).

Ítem 18; 25,47: Cámaras de Inspección + Tapa, Contratapa.

Definición.

Comprende la construcción de cámaras de inspección de 60x60 (cm), para la red de "by pass" y la recolección de agua pluvial de 100x100 (cm).

Materiales, Herramientas y Equipos.

La base será de hormigón ciclópeo, clase "C" con 40% de piedra desplazadora, conformándose de acuerdo a los planos de construcción, con la profundidad debida. Esta base será terminada con un enlucido de cemento puro. Las paredes se construirán con ladrillo gambote, revocándose interiormente con mortero clase II, con un espesor de 2 cm. Las tapas serán de sección cuadrada de 10 cm de espesor; de hormigón clase A, reforzadas con una malla de fierro de 8 mm, cada 10 cm.

Procedimiento para la Ejecución.

Una vez que Los trabajos de replanteo hayan sido aprobados por el Supervisor de Obra se procederá con los trabajos de excavación. El Contratista notificará al Supervisor de Obra con 24 horas de anticipación, como mínimo que dará inicio a estos trabajos. Los trabajos de excavación serán ejecutados hasta la profundidad indicada en los planos o la

que autorice el Supervisor de Obra. De acuerdo a la naturaleza y características del terreno, se establece como clasificación del suelo, terreno semiduro, aquel terreno en el que es necesario la utilización del equipo necesario para su escarificado y posterior excavación. Todos los trabajos involucrados en este ítem deberán sujetarse al presente Pliego de Especificaciones Técnicas. Las excavaciones se efectuarán con maquinaria o a mano, a cielo abierto, de acuerdo a los planos del proyecto e indicaciones del Supervisor de Obra, el que podrá introducir las modificaciones que crea necesarias. Se deberá tener seguridad de que dicho fondo se encuentre firme y sea aceptable como fundación de la estructura que vaya a soportar. Si la excavación requiere apuntalamiento, entibado o agotamiento de agua, el sistema será proyectado por el Contratista y presentado al Supervisor de Obra para su aprobación.

Se observarán las especificaciones técnicas generales, establecidas para trabajos de albañilería, hormigón, enferradura, así como las instrucciones del Supervisor de Obra. Se deben tomar todas las precauciones necesarias en su ubicación, especialmente en su elevación (cota).

Medición.

Se medirá por unidad correctamente terminada (Pza).

Forma de Pago.

Al precio unitario de contrato, bajo la denominación indicada en planilla de presupuesto.

Ítem 19; 43,44: Canaletas y Bajantes de Calamina Plana.

Definición.

Este ítem se refiere a provisión de canaletas y bajantes para la evacuación de aguas pluviales y a la aplicación de pintura al óleo o al aceite para las canaletas y bajantes pluviales en color blanco.

Materiales, Herramientas y Equipos.

El Contratista proporcionará todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la ejecución de los trabajos, los mismos deberán ser aprobados por el Supervisor de la Obra. Los tubos o bajantes serán de calamina plana galvanizada No 28 de sección rectangular, de acuerdo a lo estipulado en el proyecto. Se rechazará los tubos defectuosos, mal soldados o que a juicio del Supervisor de Obra no ofrezcan seguridad. La pintura a

utilizarse será al óleo o al aceite especial para metal, de marca reconocida y primera calidad, suministrada en el envase original de fábrica, con sello de seguridad.

Procedimiento para la Ejecución.

Se procederá a la instalación de las bajantes debiendo las mismas estar debidamente sujetas al paramento vertical de la construcción. La unión entre los tubos de calamina se hará con soldadura del tipo adecuado para la ejecución de este trabajo. Bajo ninguna circunstancia se permitirán cambios de dirección que supongan ángulos mayores a 60°.

Concluida la colocación de los tubos, el Supervisor de Obra efectuará una revisión prolija de la obra ejecutada, luego se procederá a efectuar las pruebas de riesgos establecidos como norma de este tipo de trabajo (prueba hidráulica). Previo a la aplicación de la pintura, se debe prever que todas las uniones de la soldadura de la canaleta sean bien masillado y lijadas, para obtener una superficie prolija y lisa. Como también deberá estar totalmente limpia, y con el imprimante necesario para la buena decencia de la pintura a colocar.

Medición.

Este ítem será medido en metros lineales de bajante colocada.

Forma de Pago.

El pago por este ítem se efectuará de acuerdo al precio unitario de la propuesta aceptada.

Ítem 20; 35,39: Prov. Colocación de Grava Seleccionada.

Definición.

Este ítem se refiere a la provisión y colocación de material graduado que sirva de filtro en el Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente y el Pozo de Absorción de la PTAR del Centro de Salud, especificados en los planos de detalles constructivos y de acuerdo a lo señalado en el formulario de presentación de propuestas.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la ejecución de este ítem, deberán ser provistos por el Contratista y empleados en la obra, previa aprobación del Supervisor de Obra, de la calidad del material, su gradación y otros aspectos específicos

que sean requeridos. El material granular de los mantos (grava) que se vayan a colocar, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Deberá ajustarse al rango de tamaños especificados en los planos correspondientes.
- b) Deberá ser de forma redondeada, dura, limpia y encontrarse libre de arena, limo, arcilla, basura e impurezas de origen orgánico.

Procedimiento para la Ejecución.

Antes de su colocación, el material deberá ser lavado y estar libre de materias orgánicas, grasas y otras que alteren sus características físicas, químicas y mecánicas. Este material deberá ser colocado en capas según la granulometría especificada en los planos constructivos. Cuando en los planos o en el formulario de presentación de propuestas, además, se requiera la colocación de tubería de drenaje, ésta se instalará paralelamente al colocado del material filtrante, siguiendo las especificaciones pertinentes.

Medición.

El material filtrante será medido en metros cúbicos, tomando en cuenta únicamente los volúmenes netos colocados.

Forma de Pago.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será cancelado al precio unitario de la propuesta aceptada. Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

Ítem 21; 38: Prov. Colocación de Piedra Bruta.

Definición.

Se refiere a las condiciones técnicas para el suministro, transporte, selección y colocación de piedra bruta en la construcción de un pozo absorbente destinado a la infiltración de aguas residuales, garantizando su eficiencia hidráulica y durabilidad.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Piedra bruta: De origen natural, no triturada artificialmente, Tamaño nominal: entre 3” y 6” (7,5 – 15 cm), Forma: irregular, con aristas que permitan intersticios amplios para la

infiltración, Libre de finos, polvo, arcillas, materia orgánica o contaminantes, Resistencia: adecuada para soportar cargas sin desintegrarse.

Agua para limpieza: utilizada para el lavado previo de la piedra, eliminando partículas finas.

La piedra será transportada en volquetas o camiones adecuados, evitando contaminación con tierra o materiales extraños.

Se almacenará en un área limpia y seca, sobre superficie firme, evitando contacto con suelos arcillosos.

Procedimiento para la Ejecución.

Ejecución de la colocación

Preparación del pozo:

Excavación según planos, con diámetro y profundidad definidos por el diseño hidráulico. Fondo nivelado y libre de agua estancada.

Colocación de piedra bruta:

Se inicia con una capa de piedra de mayor tamaño en el fondo para mejorar la capacidad de infiltración.

Se continúa con relleno uniforme hasta alcanzar la altura especificada en el diseño.

La colocación se hará manualmente o con maquinaria ligera, evitando fractura excesiva de la piedra.

No se permitirá el uso de finos o mezcla con tierra.

Acabado superior:

Se dejará un espacio libre para la capa de protección (puede ser grava más fina o arena lavada, según diseño).

Se colocará la tapa o losa de cierre del pozo absorbente, con acceso para mantenimiento.

Control de calidad

Verificación del tamaño y limpieza de la piedra antes de su colocación.

Inspección visual durante la ejecución para asegurar uniformidad y ausencia de finos.

Comprobación de la altura final del relleno conforme a planos.

Medición.

La provisión y colocación de piedra bruta se medirá en metros cúbicos colocados en el pozo absorbente.

Forma de Pago.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será cancelado al precio unitario de la propuesta aceptada. Dicho precio incluirá: Extracción, transporte y acopio de la piedra, mano de obra para colocación, herramientas y equipos necesarios, limpieza final del área de trabajo.

Ítem 22; 40: Prov. Colocación Piedra Manzana.

Definición.

La partida consiste en el suministro y colocación de piedra manzana dentro del pozo absorbente, con el fin de conformar un relleno filtrante que permita la infiltración de aguas residuales al subsuelo. La piedra manzana se caracteriza por su tamaño intermedio (2”–4”), forma irregular y resistencia natural, adecuada para generar espacios intersticiales que favorezcan la percolación.

Materiales, Herramientas y Equipos.

Piedra manzana: Tamaño nominal: 2” a 4” (5 – 10 cm), libre de finos, polvo, arcillas y materia orgánica, de origen natural, no triturada artificialmente.

Agua limpia: para el lavado previo de la piedra, eliminando partículas finas.

Herramientas manuales: palas, picos, carretillas, baldes.

Equipo de transporte: volquetas o camiones para provisión.

Equipo auxiliar: guantes, botas de seguridad, barretas para acomodar la piedra.

Procedimiento para la Ejecución.

Preparación del pozo: excavación según planos, con fondo nivelado y limpio.

Colocación de piedra manzana: Se inicia con una capa uniforme en el fondo del pozo, se continúa con relleno progresivo hasta la altura especificada, La colocación se realiza manualmente, distribuyendo la piedra de manera homogénea.

Acabado superior: Se deja espacio para capas de grava fina o arena lavada, según diseño.

Control: Inspección visual para verificar tamaño, limpieza y uniformidad del relleno.

Medición.

La provisión y colocación de piedra manzana se medirá en metros cúbicos efectivamente colocados en el pozo absorbente.

Forma de Pago.

El pago se efectuará por metro cúbico de piedra manzana colocada, incluyendo: Provisión, transporte y acopio, mano de obra y herramientas, limpieza final del área de trabajo.

Ítem 23; Prov. Colocación Tubería PPR (Polipropileno Copolímero Random).

Definición.

El PPR es un material termoplástico caracterizado por su **alta resistencia térmica (hasta 95 °C), durabilidad superior a 50 años, resistencia química frente a agentes corrosivos y superficie interna lisa**, que reduce pérdidas de carga y favorece la eficiencia hidráulica del sistema.

La partida comprende la **provisión, transporte y colocación de tubería de PPR** para la instalación del sistema de agua potable, incluyendo accesorios, uniones y pruebas hidráulicas necesarias.

Materiales, Herramientas y Equipo.

Los materiales a emplear son: Tubería de PPR en diámetros especificados según plano, accesorios de PPR como codos, tees, reducciones, uniones, adaptadores roscados, conexiones por termofusión o electrofusión, adhesivos y selladores, soportes y abrazaderas metálicas o plásticas para fijación de tuberías.

Las herramientas y equipos a utilizar para su ejecución serán:

Máquina de termofusión con boquillas adecuadas al diámetro de la tubería.

Cortadora de tuberías (manual o eléctrica).

Llaves ajustables y herramientas de apriete para accesorios roscados.

Cinta métrica, nivel y escuadra para alineación y control de pendientes.

Equipo de protección personal (EPP): guantes, gafas, casco, botas de seguridad.

Equipo de prueba hidráulica (bomba manual o eléctrica, manómetro).

Procedimiento para la Ejecución.

Preparación de herramientas y materiales

- Verificar la limpieza de las boquillas de la termofusora.
- Ajustar las boquillas a la plancha de calentamiento.
- Cortar la tubería con tijera TIGRE para evitar rebabas.
- Limpiar el tubo y marcar la profundidad de inserción según el diámetro.
- Verificar la temperatura de la termofusora mediante luces indicadoras.

Proceso de calentamiento y unión

- Introducir el tubo y el accesorio en las boquillas correspondientes, manteniéndolos perpendiculares a la plancha.
- El accesorio debe hacer tope en la boquilla macho; la tubería se introduce hasta la marca realizada.
- Calentar durante un tiempo.
- Retirar ambas piezas y realizar la unión alineando con la marca.
- Se permite girar la unión hasta un máximo de 15° durante el acople.
- Detener la unión al llegar a la marca y formar dos anillos por corrimiento del material.
- Dejar enfriar.

Recomendaciones para accesorios con inserto metálico

- Verificar que la rosca del accesorio sea estándar BSP.
- El ajuste manual debe ser suficiente para lograr una unión hermética.
- Aplicar la cantidad adecuada de cinta selladora.

- Evitar exceso de cinta, ya que puede dañar la rosca y provocar filtraciones.

Medición.

La medición se realizará en **metros lineales (ml) de tubería instalada**, incluyendo accesorios, uniones y pruebas hidráulicas. Se contabilizarán únicamente las longitudes efectivamente colocadas y aprobadas por la supervisión.

Forma de Pago.

El pago se efectuará en función de los **metros lineales de tubería de PPR instalados**, conforme a los precios unitarios establecidos en el presupuesto.

Ítem 24; Prov. Colocación Tubería PEAD (Polietileno de Alta Densidad).

Definición.

La presente partida comprende la **provisión, transporte, instalación y prueba hidráulica** de tubería de **PEAD** para el sistema de agua potable, incluyendo accesorios, uniones y elementos complementarios. El **PEAD** es un material termoplástico de alta resistencia mecánica, química y a la abrasión, caracterizado por su **flexibilidad, durabilidad superior a 50 años**, y su capacidad para soportar **altas presiones** y condiciones adversas de instalación.

Materiales, Herramientas y Equipo.

Los materiales a emplear son: Tubería de PEAD de alta densidad, fabricada bajo norma ISO 4427 o NB 688, en diámetros especificados en planos, accesorios de PEAD: codos, tees, reducciones, uniones, adaptadores roscados, conexiones por termofusión o electrofusión, elementos de señalización y protección para instalaciones enterradas, soportes y anclajes en caso de instalación aérea o sobre estructuras.

Las herramientas y equipos a utilizar serán:

Máquina de termofusión o electrofusión con control de temperatura y presión.

Cortadora de tuberías PEAD (manual o eléctrica).

Raspadores de superficie para preparación de extremos.

Generador eléctrico (si se usa electrofusión).

Equipo de prueba hidráulica (bomba, manómetro, válvulas de prueba).

EPP completo: guantes, gafas, casco, botas, chaleco reflectante.

Procedimiento para la Ejecución.

Se puede utilizar 3 distintos métodos para su colocación:

1. Unión mecánica por compresión Cónica:

Este método de unión contempla el uso de accesorios mecánicos de compresión cónica. Este tipo de unión se realiza por la inserción de la tubería en el accesorio que representa una unión mecánica compuesta por un sello elastomérico que realiza el sello hidráulico y un elemento cónico de agarre que realiza el anclaje axial de la tubería.

2. Unión por Electrofusión:

Este tipo de unión también contempla el uso de accesorios en los cuales se tiene montada una resistencia eléctrica.

Se requiere además un equipo de Electrofusión el cual hace circular una corriente eléctrica a través de la resistencia eléctrica del accesorio incrementando la temperatura y realizando una fusión entre el material del tubo y accesorio, obteniéndose así una unión completamente hermética.

Este método implica un procedimiento especial para su realización y debe realizarse por mano de obra calificada.

3. Unión por Termofusión:

A diferencia de los anteriores dos métodos este sistema no requiere de accesorios para la unión tubo a tubo. Se realiza con un equipo de Termofusión el cual realiza una unión a tope entre las tuberías. El equipo consta de un sistema hidráulico de alta presión, mordazas de sujeción para la tubería, un refrentador y una placa de calentamiento. La unión es realizada por calor y presión entre los tubos y al igual que en el anterior método implica una técnica especial y debe ser realizada por mano de obra calificada.

Transporte y Almacenamiento: Para mantener el producto en buenas condiciones y libre de daños se debe seguir las siguientes recomendaciones: Almacenar los productos en sus embalajes, en lo posible en áreas cubiertas para protegerlos de la intemperie, de preferencia en superficies planas exentas de piedras y elementos puntiagudos que puedan dañar la superficie de la tubería, proteger los tubos durante el transporte del contacto con

otros materiales, almacenar los productos de acuerdo a las alturas máximas y espaciamiento máximo de soporte permitidos.

Evite: Apoyar los productos directamente sobre el suelo en el momento del almacenamiento, arrastrar los productos sobre el suelo, lanzar los materiales al piso durante la descarga, amarrar los rollos con alambres para el transporte o manipuleo.

Medición.

La medición se realizará en **metros lineales (ml) de tubería PEAD instalada**, incluyendo accesorios, uniones y pruebas hidráulicas. Se contabilizarán únicamente las longitudes efectivamente colocadas y aprobadas por la supervisión técnica.

Forma de Pago.

El pago se efectuará en función de los **metros lineales de tubería PEAD instalados**, conforme a los precios unitarios establecidos en el presupuesto.

4.3. PRESUPUESTO POR ACTIVIDAD.

Se adoptó los siguientes porcentajes para el respectivo Análisis de Precios Unitarios, de cada actividad para la elaboración del Presupuesto General. Ver Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Porcentajes Adoptados.

Porcentajes de Cargas Sociales	55%
Porcentaje de Impuestos al Valor Agregado	14,94%
Porcentaje de Herramientas Menores	6%
Porcentaje de Gastos Generales y Administrativos	10%
Utilidad	10%
Impuestos a las Transacciones	3,09%

Fuente: Elaboración Propia.

Se efectuó el cálculo detallado del presupuesto para cada uno de los subsistemas que conforman el sistema hidrosanitario del Centro de Salud, considerando criterios de diseño, especificaciones técnicas y precios unitarios vigentes en el contexto boliviano. Ver Tabla 4.8.

El presupuesto presentado a continuación constituye una propuesta alternativa para la implementación del sistema de abastecimiento de agua potable, considerando la utilización de tubería de policloruro de vinilo (PVC) como material principal en el proceso de instalación.

Tabla 4.8. Presupuesto para el Sistema Hidrosanitario PVC.

Ítem	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
INSTALACION DE AGUA POTABLE					
1	Tubería PVC 1/2" Unión Rosca	m	105,24	35,80	3.767,97
2	Tubería PVC 3/4" Unión Rosca	m	29,57	38,55	1.140,05
3	Tubería PVC 1 1/2" Unión Rosca	m	270,02	35,53	9.594,08
4	Tubería PVC 2" Unión Rosca	m	8,29	40,77	337,98
5	Válvula de 3/4"	Pza	1	178,77	178,77
6	Válvula de 1 1/2"	Pza	9	295,08	2.665,73
7	Válvula de 2"	Pza	1	458,36	458,36
TOTAL:					18.132,96
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE					
8	Excavación 0-1,5m - T.A.	m³	1,73	68,91	119,22
9	Zapata de Cimentación de H°A° - T.A.	m³	0,22	2474,42	544,37
10	Columna de H°A° T.A.	m³	1,07	4135,01	4424,46
11	Losa de Apoyo de H°A° T.A.	m³	0,94	2015,52	1894,59
12	Relleno y compactado con tierra - T.A.	m³	1,32	86,14	113,71
13	Tanque de Almacenamiento PVC 5.000 litros + Accesorios	Pza	1	7565,14	7.565,14
TOTAL:					14.661,49
TOTAL:					32.794,45
INSTALACION DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES					
14	Replanteo y Trazado de Tuberías	m	332,46	4,13	1.373,08
15	Excavación y Retiro de Tierra Manual	m³	10,97	54,30	595,67
16	Tubería PVC 1 1/2" Unión Flexible	m	42,46	63,27	2.686,35
17	Tubería PVC 2" Unión Flexible	m	85,83	65,89	5.655,11
18	Tubería PVC 4" Unión Flexible	m	173,94	71,13	12.371,73
19	Prov. Colocación Inodoro	Pza	18	865,40	15.577,21
20	Prov. Colocación Lavamanos con grifería temporizado	Pza	28	767,11	21.478,97
21	Prov. Colocación Lavaplatos	Pza	5	900,59	4.502,95
22	Prov. Colocación Lavandería	Pza	2	757,78	1.515,56
23	Prov. Colocación Urinario	Pza	1	608,08	608,08
24	Prov. Colocación Ducha con base	Pza	6	1311,60	7.869,59
25	Cámaras de Inspección (60x60cm)	Pza	16	1097,70	17.563,26
26	Relleno Y compactado de tierra común	m³	14,26	51,80	738,68
TOTAL:					92.536,24

Ítem	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
PLANTA DE TRATAMIENTO-CÁMARA SÉPTICA					
27	Replanteo y Trazado de estructuras	m	11,39	4,63	52,72
28	Excavación y Retiro de Tierra	m³	26,19	68,91	1.804,87
29	Base de Hormigón Pobre	m³	1,14	451,47	514,68
30	Hormigón Armado H-21	m³	7,91	3259,13	25.779,71
TOTAL:					28.151,99
PLANTA DE TRATAMIENTO-FAFA					
31	Replanteo y Trazado de estructuras	m	6,21	4,63	28,74
32	Excavación y Retiro de Tierra	m³	18,01	68,91	1.241,15
33	Base de Hormigón Pobre	m³	0,62	451,47	279,91
34	Hormigón Armado H-21	m³	6,06	3259,13	19.750,32
35	Grava Seleccionada para Filtro	m³	9,6	154,61	1.484,30
TOTAL:					22.784,43
PLANTA DE TRATAMIENTO-POZO ABSORBENTE					
36	Excavación común 0-2 m	m³	12,57	124,74	1.567,92
37	Hormigón Armado H-21	m³	0,67	3259,13	2.183,62
38	Prov. Coloc. Piedra Bruta	m³	25,13	350,22	8.800,98
39	Grava Seleccionada	m³	3,22	154,61	497,86
40	Prov. Coloc. Piedra Manzana	m³	3,22	373,17	1.201,61
TOTAL:					14.251,99
INSTALACION DE DESAGÜE PLUVIAL					
41	Replanteo y Trazado de Tuberías	m	206,82	4,13	854,18
42	Excavación y Retiro de tierra manual	m³	10,24	47,09	482,22
43	Canaleta de Calamina plana de 0,10x0,10 m	m	207,33	106,27	22.033,62
44	Bajantes Calamina Plana	m	64	73,12	4.679,67
45	Tubería PVC Unión Flexible-Desagüe Pluvial 6"	m	21,45	216,68	4.647,70
46	Tubería PVC Unión Flexible-Desagüe Pluvial 4"	m	166,57	123,27	20.533,44
47	Cámaras de Inspección de 1x1m	Pza	17	1097,70	18.660,97
48	Relleno y Compactado de tierra común con saltarín	m³	13,31	51,80	689,47
TANQUE DE ALMACENAMIENTO PLUVIAL					
49	Excavación 3 m - T.P.	m³	71,93	68,91	4.957,03
50	Base de Asiento (10 cm) - T.P.	m³	2,4	160,76	385,82
51	Relleno lateral (20 cm) - T.P.	m³	5,87	788,56	4.628,85
52	Impermeabilización de la base - T.P.	m	5	20,67	103,33
53	Prov.Coloc. Tanque HDPE+acc (30 m³)	Pza	1	23500,00	23.500,00
54	Relleno superior material granular (30 cm)	m³	7,2	51,80	372,97
TOTAL:					106.529,26

Fuente: Elaboración Propia.

De manera complementaria, se elaboraron presupuestos correspondientes a una segunda y tercera alternativa, en las cuales se plantea la incorporación innovadora de dos materiales potenciales para la instalación del sistema de agua potable: tubería de polipropileno copolímero random (PPR) y polietileno de alta densidad (PEAD).

Ambas alternativas representan opciones técnicamente viables y económicamente diferenciadas: el PPR como material de costo medio con propiedades térmicas y químicas destacables, y el PEAD como material generalmente más económico y resistente mecánicamente, adecuado para condiciones exigentes de instalación y operación.

Tabla 4.9. Presupuesto para Tubería PPR.

Ítem	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
INSTALACION DE AGUA POTABLE					
1	Tubería PPR 1/2" Unión Rosca	m	105,24	40,00	4.209,60
2	Tubería PPR 3/4" Unión Rosca	m	29,57	45,35	1.341,00
3	Tubería PPR 1 1/2" Unión Rosca	m	270,02	70,12	18.933,80
4	Tubería PPR 2" Unión Rosca	m	8,29	90,54	750,58
TOTAL:					25.234,98

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.10. Presupuesto para Tubería PEAD.

Ítem	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
INSTALACION DE AGUA POTABLE					
1	Tubería PEAD 1/2" Unión Rosca	m	105,24	35,69	3.756,02
2	Tubería PEAD 3/4" Unión Rosca	m	29,57	43,84	1.296,35
3	Tubería PEAD 1 1/2" Unión Rosca	m	270,02	60,24	16.266,00
4	Tubería PEAD 2" Unión Rosca	m	8,29	86,37	716,01
TOTAL:					22.034,38

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar la variación del presupuesto al considerar las alternativas de tubería en PVC, PPR y PEAD. Desde el punto de vista técnico, para esta instalación específica se recomienda la utilización de PVC (Policloruro de Vinilo), dado que resulta más práctico en relación con su proceso de colocación, el cual se realiza mediante uniones con adhesivo, reduciendo tiempos de instalación y costos de mano de obra. Además, el PVC presenta una alta resistencia a la corrosión, una superficie interna lisa que disminuye las pérdidas de carga y una amplia disponibilidad en el mercado boliviano, lo que lo convierte en la opción más eficiente y económica para el centro de salud.

En contraste, el PEAD (Polietileno de Alta Densidad) y el PPR (Polipropileno Copolímero Random) son materiales técnicamente confiables y con propiedades superiores en ciertos contextos, pero no resultan los más convenientes para esta obra. El PEAD se caracteriza por su flexibilidad, su resistencia mecánica frente a impactos y su capacidad de soportar altas presiones, lo que lo hace recomendable para instalaciones de gran extensión y enterradas, especialmente en terrenos irregulares. Sin embargo, su manipulación en tramos con quiebres constantes es más compleja y requiere equipos especializados de termofusión o electrofusión, lo que incrementa los costos de instalación.

Por su parte, el PPR ofrece ventajas como su resistencia térmica (hasta 95 °C) y su durabilidad superior a 50 años, además de una excelente resistencia química. Estas propiedades lo hacen adecuado para sistemas de agua caliente y redes internas de alta exigencia. No obstante, su costo es más elevado que el PVC y su instalación demanda técnicas especializadas de fusión, lo que lo convierte en una alternativa menos práctica para un centro de salud donde la demanda de agua no requiere condiciones extremas de presión ni temperatura.

En conclusión, aunque el PEAD y el PPR son materiales más resistentes y con aplicaciones específicas en proyectos de gran escala o con requerimientos especiales, para el caso del centro de salud el PVC es suficiente y más recomendable, ya que garantiza resistencia a la corrosión, facilidad de instalación, menor costo y un desempeño adecuado frente a la demanda de agua prevista.

4.4. PRESUPUESTO GENERAL.

Se realizó el presupuesto general de acuerdo al costo total de cada actividad de los subsistemas pertenecientes al sistema hidrosanitario del Centro de Salud. Ver Tabla 4.9.

Tabla 4.11. Presupuesto general PVC.

Ítem	Actividad	Precio Total (Bs)
1	INSTALACION DE AGUA POTABLE	32.794,45
2	INSTALACION DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	92.536,24
3	PLANTA DE TRATAMIENTO	65.188,40
4	INSTALACION DE DESAGÜE PLUVIAL	106.529,26
TOTAL (Bs)		297.048,35

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.12. Presupuesto para Tubería PPR.

Ítem	Actividad	Precio Total (Bs)
1	INSTALACION DE AGUA POTABLE	39.896,47
2	INSTALACION DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	92.536,24
3	PLANTA DE TRATAMIENTO	65.188,40
4	INSTALACION DE DESAGÜE PLUVIAL	106.529,26
TOTAL (Bs)		304.150,37

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.13. Presupuesto para Tubería PEAD.

Ítem	Actividad	Precio Total (Bs)
1	INSTALACION DE AGUA POTABLE	36.695,87
2	INSTALACION DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	92.536,24
3	PLANTA DE TRATAMIENTO	65.188,40
4	INSTALACION DE DESAGÜE PLUVIAL	106.529,26
TOTAL (Bs)		300.949,77

Fuente: Elaboración Propia.

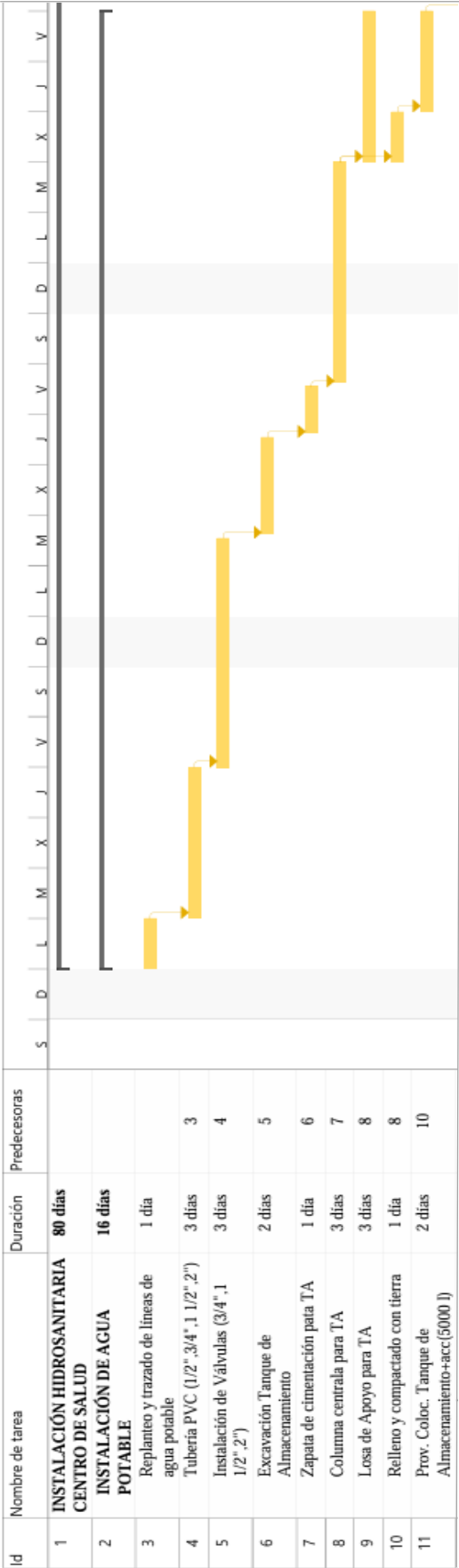
De acuerdo a la Tabla 4.8., se realizó el presupuesto general (Tabla 4.9.) para la Instalación Hidrosanitaria Proyecto Construcción Centro de Salud con Internación Comunidad Santa Ana La Nueva fue de Doscientos Noventa y Siete Mil Cuarenta y Ocho con 35/100 Bs. (297.048,35 Bs). De manera similar se procedió al presupuesto general para las alternativas de PEAD y PPR, con el objetivo de evaluar su viabilidad técnica y económica frente al sistema de agua potable.

4.5. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.

Se elaboró el cronograma de ejecución conforme al orden secuencial de los ítems. Para su estructuración se utilizó el software Microsoft Project, lo que permitió representar gráficamente las tareas mediante un Diagrama de Gantt. Fue proyectada con dos cuadrillas compuesta por tres operarios. La duración total estimada del proyecto es de 80 días calendario, contemplando la realización continua y sin interrupciones de todas las tareas programadas.

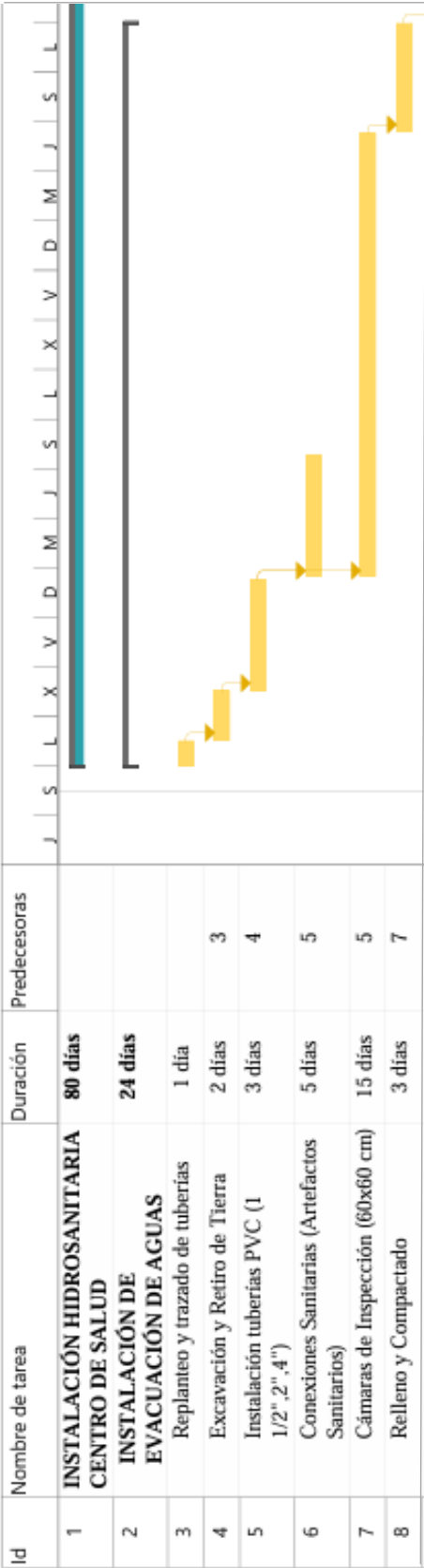
Con el objetivo de optimizar la visualización y el análisis temporal del sistema hidrosanitario, se procedió a desagregar el diagrama de Gantt en función de sus subsistemas del Sistema Hidrosanitario. No obstante, para garantizar una comprensión integral del cronograma general del proyecto, en la sección de ANEXOS se incluye el diagrama de Gantt completo, sin recortes ni divisiones, consolidando todas las actividades en una única vista global.

Gráfico 4.1. Diagrama de Gantt - Instalación Agua Potable.



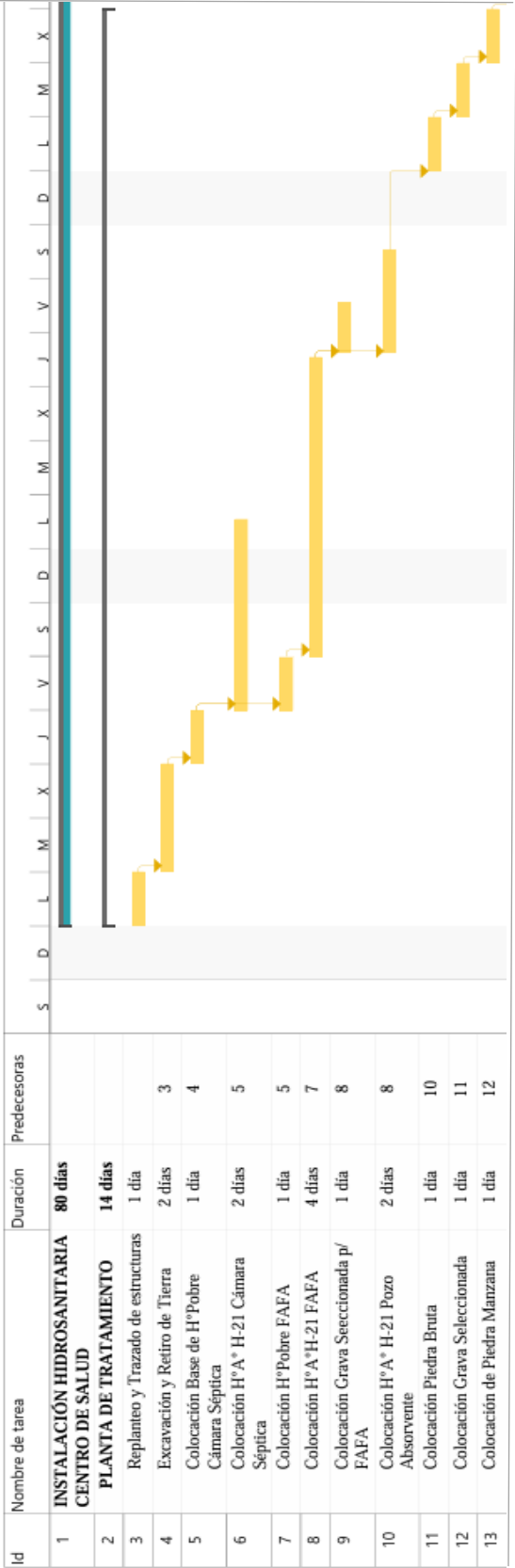
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 4.2. Diagrama de Gantt - Evacuación de Aguas Residuales.



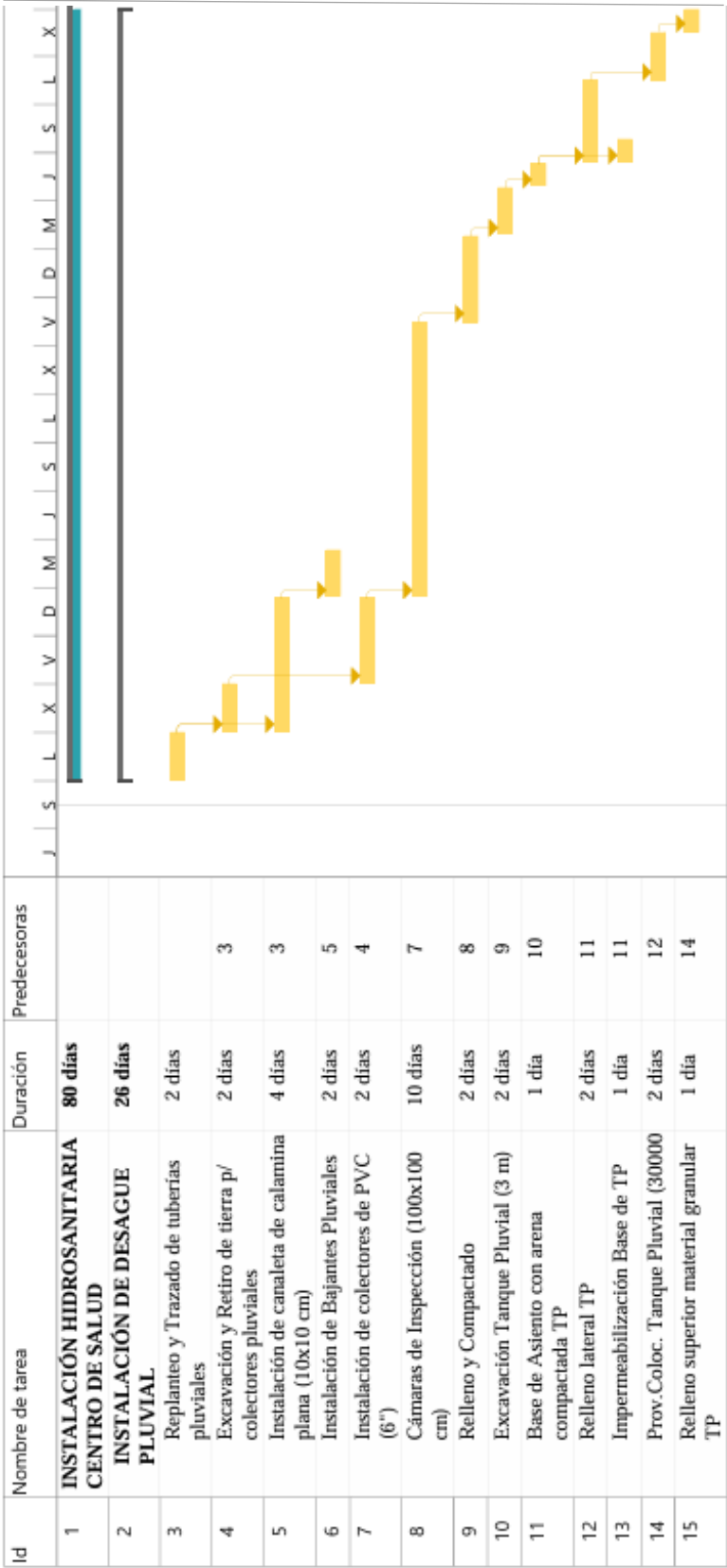
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 4.3. Diagrama de Gantt - Planta de Tratamiento “PTAR”.



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 4.4. Diagrama de Gantt - Desagüe Pluvial



Fuente: Elaboración Propia.

4.6. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE.

Para la operación y mantenimiento del sistema de agua fría se debe realizar las siguientes actividades:

- Efectuar inspecciones visuales en su estructura, con el objetivo de verificar la ausencia de filtraciones y contaminación.
- Reparación de filtraciones, verificación del estado de las cámaras de inspección.
- Efectuar una revisión y limpieza interior y exterior del Tanque de Almacenamiento.
- Efectuar una desinfección química del agua almacenada al menos semestralmente.
- Controlar el nivel de agua al interior del tanque.
- Limpieza exterior e inspección de la cañería y válvulas de entrada y salida al Tanque de Almacenamiento.
- Verificar el estado de las tuberías empotradas en los muros.
- Identificar signos de humedad, filtraciones o eflorescencias en paredes.
- Inspeccionar válvulas en cada ramal y artefacto sanitario y sustituir en caso que se encuentren defectuosas.
- Evaluar el funcionamiento de lavamanos, duchas, inodoros, lavaplatos, urinario y lavarropas.
- Verificar la presión y caudal en cada punto de consumo para asegurar que el suministro de agua sea el adecuado.
- Evitar golpes o aperturas bruscas en los artefactos sanitarios.
- Medir la presión dinámica en puntos críticos (consultorios, laboratorios).
- Revisar uniones roscadas en tramos visibles.
- Realizar purgas periódicas en puntos terminales de la red para evitar acumulación de sedimentos.

4.7. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

Para la operación y mantenimiento del sistema de evacuación de aguas residuales se debe realizar las siguientes actividades:

- Limpieza y mantenimiento con una frecuencia mínima trimestral, de las rejillas de piso, cámaras colectoras, cámaras de inspección, cámaras sifonadas, tuberías de recolección.
- Efectuar un tratamiento de limpieza y mantenimiento específico de las cámaras de inspección, con una frecuencia cada 3 meses; dicha frecuencia podrá ser reducida, según el nivel de uso de las mismas. Se deberá elaborar certificados o resultados de la limpieza como respaldo. El detalle de la Cámara de Inspección (CI).
- Evitar la implementación de sólidos, aceites o productos químicos en los desagües de aguas residuales.
- Verificar si existe algún taponamiento o atoro en las tuberías para realizar la limpieza y/o el des taponamiento de los tramos en los cuales pudiese presentarse el problema.
- Cambiar o reparar las tuberías en caso de pérdidas (fugas) o en mal estado.
- Verificar en las cámaras de inspección si el flujo es continuo, normal en los tramos de manera aleatoria.

4.7.1. Operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

4.7.1.1. Cámara Séptica.

Para la operación y mantenimiento en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “PTAR” en la Cámara o Tanque Séptico se debe realizar las siguientes actividades:

- Una vez al año se procederá a la inspección del interior del Tanque Séptico, prestando especial atención a su estanqueidad, comprobando que no se producen fugas ni intrusión de aguas por infiltración y revisando las zonas de entrada y salida de las aguas.
- Cada seis meses se procederá a la medición de los espesores de las capas de

flotantes y de lodos que se van acumulando en los dos compartimentos del Tanque Séptico.

- Para la medición de la capa de flotantes se hará uso de una varilla graduada, en forma de L. La varilla se empujará a través de la capa de flotantes, hasta atravesarla, midiéndose en ese momento, en la parte graduada de la varilla, el espesor de esta capa.
- Para la determinación del espesor de la capa de lodos sedimentada en el interior de los Tanques Sépticos, se procederá a introducir, hasta tocar su fondo, una varilla envuelta en un paño blanco. Al extraer la vara la zona oscurecida del paño indicará el espesor de la zona de lodos.
- Cada año, excepto que en la medición semestral del espesor de la capa de lodos se detecte un nivel muy elevado de la misma (más de 0,30 m), o más de 0,10 m de espesor de la capa de grasas, se procederá a la limpieza del Tanque Séptico a través de empresas autorizadas por la autoridad competente.
- Tras la extracción de los lodos, las cámaras del tanque no se lavarán ni desinfectarán.
- Antes de cualquier operación en el interior de los Tanques Sépticos, se abrirán las tapaderas de ambos compartimentos un tiempo suficiente (mayor a 15 minutos), para la salida de gases tóxicos o explosivos.
- Para la inspección del interior de los tanques sépticos nunca se emplearán cerillas o antorchas, para evitar el peligro de explosión de los gases acumulados, y siempre se hará esta inspección, acompañado de otro operador para evitar accidentes.

4.7.1.2. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

Para la operación y mantenimiento en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “PTAR” en el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente “FAFA” se debe realizar las siguientes actividades:

- Las labores de operación y mantenimiento en este tipo de filtros se orientan principalmente a evitar la obstrucción del sustrato filtrante. Para ello es muy importante el correcto funcionamiento del tratamiento primario, para evitar que llegue al filtro una cantidad excesiva de materia en suspensión.

- La medición de la pérdida de carga en el filtro, a partir del nivel de agua en la cámara de regulación, es un buen indicador del grado de colmatación del material filtrante y de la necesidad de proceder a su limpieza.
- En el caso de los FAFA que disponen de un falso fondo, el tubo guía implantado al efecto, permite la medición periódica del nivel de los lodos que se van acumulando en esta zona. Cuando se detecte que este nivel se aproxima a la losa perforada dispuesta en la parte superior del falso fondo, se procederá a introducir una bomba sumergible a través del tubo guía para la extracción de los lodos acumulados. Si con esta operación no fuese suficiente para recuperar el normal funcionamiento del FAFA, se procederá a verter agua limpia sobre la parte superior del material filtrante, drenando la mezcla lodos/agua que se almacene en el falso fondo con la ayuda de la bomba sumergible.
- Las bombas de drenaje que se empleen deben permitir el desagüe rápido del filtro, al objeto de facilitar la limpieza del material de relleno.
- Las aguas contaminadas resultantes de la limpieza de los FAFA deben ser conducidas a una PTAR que cuente con capacidad para la recepción y tratamiento de este tipo de aguas.
- En el caso de los FAFA que operan descubiertos, periódicamente se procederá a la extracción de flotantes y a la limpieza de los bordes internos del resguardo, eliminando las posibles algas que se hayan podido desarrollar.
- Los FAFA no deben lavarse por completo, ya que ello retrasaría su puesta en operación tras la operación de limpieza.

4.8. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIÓN DE DESAGÜE PLUVIAL.

Para la operación y mantenimiento en las instalaciones del desagüe pluvial se debe realizar las siguientes actividades:

- Limpieza y mantenimiento con una frecuencia mínima trimestral, de las canaletas, cubierta y todos sus componentes, bajantes, entre otros.
- Efectuar un tratamiento de limpieza y mantenimiento de las cámaras de inspección acorde a su tamaño y usos; en todo caso, su frecuencia será cada 3

meses; dicha frecuencia podrá ser reducida, según el nivel de uso de las mismas, Se deberá elaborar informes con certificados o resultados de limpieza como respaldo.

- Realizar la limpieza de las cámaras, así también verificar si existe algún taponamiento o atoro en las tuberías para realizar la limpieza y/o el des taponamiento de los tramos en los cuales pudiese presentarse el problema.
- Verificar en las cámaras de inspección si el flujo es continuo, normal en los tramos de manera aleatoria.
- Verificar periódicamente el estado del cuerpo del tanque de almacenamiento (fisuras, deformaciones, asentamientos).
- Comprobar que no haya desplazamientos del tanque por presión del terreno o por cargas externas.
- Inspeccionar la tapa superior y el sistema de cierre hermético para evitar ingreso de contaminantes.
- Revisar el estado de las tuberías de entrada (pluvial) y salida (descarga o rebose).
- Realizar limpieza interna cada 6 a 12 meses, dependiendo del nivel de turbidez del agua recolectada.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

5.1.1. Conclusión General.

- Se realizó el diseño hidrosanitario en el Centro de Salud con Internación de primer nivel en Santa Ana La Nueva - Tarija, contemplando tanto el sistema de abastecimiento de agua potable como el sistema de evacuación de aguas residuales con su tratamiento y el desagüe pluvial con su recolección. Como resultado del proceso de dimensionamiento hidráulico, sanitario y pluvial, se definieron los diámetros óptimos de las tuberías de PVC para la red interna y acometida, los volúmenes requeridos de los tanques de almacenamiento, así como las alturas y dimensiones específicas de las unidades que conforman la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, el dimensionamiento de las canaletas y sus componentes en concordancia con criterios técnicos y normativas.

5.1.2. Conclusiones Específicas.

- Las Instalaciones de Agua Potable se diseñó mediante un sistema ramificado, mediante la aplicación del método de Hunter se obtuvo un caudal de diseño de 2,62 l/s y una demanda diaria de 3100 litros.
- En el análisis comparativo de las alternativas de tubería para el sistema de agua potable PVC, PPR y PEAD se determinó que, si bien cada material presenta propiedades técnicas destacables y aplicaciones específicas, el PVC constituye la opción más recomendable para el centro de salud, debido a su costo accesible, facilidad de instalación, resistencia a la corrosión y adecuación normativa a las condiciones de demanda previstas. No obstante, se elaboraron presupuestos complementarios para las tres alternativas, de modo que, en caso de que se desee optar por el PPR o el PEAD, también se cuenta con respaldo económico y técnico que justifica su uso en escenarios distintos. De esta manera, el proyecto garantiza flexibilidad en la elección de materiales, aunque se concluye que el PVC es la alternativa más práctica y eficiente para la instalación en el centro de salud.
- Para la ubicación óptima del Tanque de Almacenamiento de agua potable se emplazó en el sector derecho del predio, entre ambos bloques (Bloque A - Bloque B) del Centro de Salud con dimensiones de: Diámetro= 2,22 m, Alto= 1,68 m y

un volumen de 5.000 litros (5 m³). El análisis del sistema de abastecimiento evidenció que la presión disponible en la red externa supera el umbral mínimo requerido para el llenado eficiente del tanque sin necesidad de bombeo mecánico, lo cual optimiza la operación y reduce costos de mantenimiento. La distribución interna del agua hacia los distintos ambientes del centro de salud se realiza mediante flujo gravitacional, aprovechando la diferencia de cotas entre el nivel de almacenamiento y los puntos de consumo, lo que garantiza una presión adecuada en griferías y aparatos sanitarios. Este diseño cumple con los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

- El dimensionamiento hidráulico del sistema de evacuación de aguas residuales para el Centro de Salud con Internación de Primer Nivel, se consideró los ramales sanitarios correspondientes a cada unidad funcional (inodoros, lavamanos, duchas, lavaplatos, lavarropas.). El cálculo se efectuó conforme a los criterios establecidos en la Norma Boliviana NB 688 y al Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, tomando en cuenta caudales máximos probables, pendientes mínimas de autolimpieza y diámetros normativos de tuberías de PVC sanitario. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla de cálculo incluida en los Anexos, donde se especifican los diámetros de los ramales, longitudes, pendientes, caudales de diseño y coeficientes aplicados. Este diseño garantiza una evacuación eficiente, segura y compatible con las condiciones operativas del centro de salud, minimizando riesgos de obstrucción, retorno o contaminación cruzada.
- Para el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el Centro de Salud, se consideró criterios de eficiencia hidráulica, simplicidad operativa y adecuación al contexto rural. El sistema propuesto contempla un tratamiento primario y secundario, seguido de una unidad de disposición final. El tratamiento primario está constituido por una cámara séptica bicompartimental, con dimensiones útiles de 4,65 m de largo, 2,00 m de ancho y 2,30 m de altura, lo que proporciona un volumen útil de 18,59 m³. Esta unidad permite la sedimentación de sólidos y la digestión anaerobia parcial de la carga orgánica, conforme a los lineamientos de la Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales. El tratamiento secundario se resolvió mediante

un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), con dimensiones útiles del material filtrante de 2,40 m de largo, 2,00 m de ancho y 2,00 m de altura, alcanzando un volumen útil de 9,60 m³. Esta unidad permite la remoción adicional de materia orgánica disuelta mediante procesos biológicos anaerobios, mejorando la calidad del efluente. Para la disposición final del efluente tratado, se proyectó un pozo de absorción con un diámetro de 2,00 m y una profundidad de 4,00 m, diseñado para infiltrar el caudal residual en el subsuelo de forma segura. Todas las dimensiones, criterios de diseño, tiempos de retención hidráulica (TRH), cargas orgánicas y parámetros de eficiencia están detallados en el capítulo 3 memoria de cálculo y planos técnicos incluidos en los Anexos. El sistema propuesto garantiza una solución técnica viable, de bajo mantenimiento y compatible con las condiciones operativas del centro de salud y su entorno rural.

- En el diseño del sistema de desagüe pluvial para el Centro de Salud, se contempló la determinación de dimensiones hidráulicas para canaletas, bajantes y colectores pluviales. Para el cálculo de caudales de diseño se aplicó como primer optativa el método estadístico de Gumbel, utilizando como estación base “El Tejar – Tarija”, lo que permitió obtener una intensidad máxima de lluvia de 143,84 mm/h correspondiente al periodo de retorno seleccionado. Sin embargo, se procedió para verificación con la ecuación actualizada de la Norma Boliviana NB 688 en el año 2023, y se obtuvo una variación no recomendable, por lo tanto, se trabajó con la Intensidad obtenida de la NB 688 por tratarse de un estudio oficial, actualizado y calibrado específicamente para la ciudad de Tarija. Este enfoque es más verídico y preciso, ya que incorpora coeficientes locales y refleja las condiciones hidrológicas reales. En función de los caudales generados y las áreas de captación, se definió una canaleta de calamina plana de 10 × 10 cm, una bajante pluvial de calamina plana de 4” de diámetro, y colectores pluviales de PVC de 6” de diámetro, asegurando la capacidad de conducción y evacuación eficiente del escurrimiento superficial. Los parámetros de diseño incluyendo pendientes mínimas, coeficientes de escorrentía, velocidades de autolimpieza y factores de seguridad fueron establecidos conforme al Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias y la Norma Boliviana NB 688. Todos los cálculos hidráulicos, coeficientes aplicados y criterios de selección de materiales se encuentran detallados en la planilla técnica incluida en los Anexos, respaldando

la viabilidad técnica y normativa del sistema propuesto. El diseño garantiza la protección estructural del Centro de Salud, la prevención de acumulaciones superficiales y el reúso del agua pluvial para riego al interior del predio.

- Se diseñó un tanque de almacenamiento enterrado para la captación y aprovechamiento de aguas pluviales en el Centro de Salud. El volumen de almacenamiento fue determinado a partir del análisis de precipitaciones medias mensuales, aplicando un coeficiente de aprovechamiento del 75 % sobre la precipitación efectiva, lo que permitió estimar el volumen máximo mensual requerido para el sistema.
- El tanque de HDPE presenta dimensiones de 4,00 m de largo, 3,80 m de ancho y 2,00 m de altura útil, alcanzando una capacidad total de 30.000 litros (30 m³). La estructura fue enterrada a una profundidad de 3,00 m, considerando el desnivel hidráulico necesario para garantizar el ingreso por gravedad desde la bajante pluvial más alejada, ubicada a 0,80 m de diferencia de cota respecto al nivel de entrada del tanque.
- La verificación del sistema de agua potable del Centro de Salud de Santa Ana la Nueva mediante el cálculo hidráulico con el programa CYPECAD MEP (versión 2019) permitió contrastar los resultados obtenidos con el RENISDA, evidenciando que el software, al aplicar la normativa española y el método de Hunter, asigna caudales mayores a ciertos artefactos sanitarios y calcula las pérdidas de carga con la fórmula de Darcy–Weisbach, considerando además longitudes equivalentes por accesorios, mientras que el cálculo manual empleó la fórmula de Hazen–Williams y diámetros menores de hasta ½”, frente a la restricción del programa de trabajar con diámetros mínimos de 1”; esta verificación aportó mayor precisión, seguridad y confiabilidad al diseño hidráulico, permitiendo identificar diferencias normativas y metodológicas que enriquecen el análisis técnico y fortalecen la eficiencia y durabilidad del sistema de agua potable en un centro de salud donde la continuidad del servicio resulta crítica, sin embargo, se concluye que el RENISDA resulta más adecuado para trabajar en el contexto local, ya que optimiza la eficiencia hidráulica y económica del sistema, por lo que el diseño original se mantiene aplicando los diámetros obtenidos del RENISDA, garantizando funcionalidad, seguridad y coherencia con

la normativa nacional.

- El presupuesto general de todo el proyecto tiene un costo de Doscientos Noventa y Seis Mil Seiscientos Setenta y Seis 82/100 Bs. (296.676,82 Bs), calculado en base a precios unitarios y rendimientos de mano de obra, para una Instalación de Agua Potable con Tubería PVC que es lo que se recomienda para el proyecto.
- Del análisis de los presupuestos generales elaborados para las alternativas de tubería en PEAD (Polietileno de Alta Densidad) y PPR (Polipropileno Copolímero Random), se concluye que ambos materiales representan opciones técnicamente confiables y con propiedades superiores frente a condiciones específicas de instalación. Sin embargo, los presupuestos muestran que tanto el PEAD (Polietileno de Alta Densidad) con un presupuesto de 304.150,37 Bs y el PPR (Polipropileno Copolímero Random) de 300.949,77 Bs implican costos más elevados en comparación con el PVC, además de requerir técnicas especializadas de instalación como la termofusión o electrofusión, lo que incrementa la complejidad y el tiempo de ejecución.
- Por ello, aunque se cuenta con respaldo económico para las tres alternativas, se concluye que el PVC sigue siendo la opción más práctica y eficiente para el centro de salud, mientras que el PEAD y el PPR permanecen como alternativas viables en caso de que se desee optar por materiales de mayor resistencia o durabilidad en otros escenarios.
- El cronograma de ejecución se elaboró mediante el diagrama de Gantt, con una duración total de 80 días hábiles de la jornada laboral, abarcando todas las actividades constructivas del sistema hidrosanitario. La programación considera secuencia lógica y coordinación entre subsistemas, conforme a criterios técnicos y operativos.
- Se propuso un Manual de Operación y Mantenimiento para los sistemas hidrosanitarios del Centro de Salud, el cual fue desarrollado y detallado en el capítulo anterior. Este documento establece procedimientos técnicos, frecuencias de mantenimiento, y criterios de inspección para garantizar la funcionalidad, seguridad y sostenibilidad de las instalaciones.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Para utilizar de manera correcta el programa CYPECAD (versión 2019) en el diseño de instalaciones de agua potable, se recomienda configurar previamente la normativa de referencia y los parámetros de cálculo, verificando que correspondan al contexto del proyecto. Es fundamental asignar adecuadamente las unidades de descarga a cada artefacto sanitario, ya que de ellas depende el caudal probabilístico obtenido mediante el método de Hunter. Asimismo, se debe revisar la selección de materiales y diámetros mínimos permitidos por el software, contrastándolos con las condiciones locales y con la normativa nacional, en este caso el RENISDA, para evitar sobredimensionamientos que afecten la economía del proyecto. Finalmente, se aconseja realizar una comparación crítica entre los resultados del programa y los cálculos manuales, de modo que el diseño final combine la precisión del software con la aplicabilidad y eficiencia de la normativa nacional, garantizando un sistema confiable y adaptado a las necesidades reales de la comunidad.
- Dado que el sistema hidrosanitario se encuentra en un área rural y la demanda operativa es reducida, se recomienda asignar únicamente un técnico responsable de la operación y mantenimiento. Este técnico deberá:
 - a) Realizar las tareas de inspección rutinaria y mantenimiento preventivo.
 - b) Llevar registros básicos de operación, consumo y estado de los equipos.
 - c) Atender reparaciones menores y coordinar con instancias superiores en caso de fallas mayores.
 - d) Supervisar el uso adecuado de los equipos de protección personal.
- Para garantizar la continuidad del servicio, se sugiere que este técnico cuente con capacitación periódica en mantenimiento hidrosanitario, primeros auxilios, además de apoyo comunitario en actividades de vigilancia y reporte de incidencias.
- Realizar un Plan de Prevención de Riesgos considerando los siguientes puntos: Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, procedimientos de trabajo seguro, control de elementos de protección personal, planificación de la

actividad preventiva y control operacional.

- Considerar de manera estricta el Manual de Operación y Mantenimiento, poniendo especial énfasis en las unidades de tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Este documento debe guiar todas las actividades de operación, inspección y conservación, asegurando que los procedimientos establecidos se cumplan de forma sistemática para prolongar la vida útil de los equipos, garantizar la eficiencia del sistema y prevenir fallas operativas.
- Elaborar un programa de capacitación del personal mediante procesos continuos de desarrollo y aprendizaje, donde se toque temas de mantenimiento y reparación de los distintos equipos del sistema hidrosanitario, mantenimiento higiénico-sanitario de instalaciones, formación básica en primeros auxilios, uso, cuidado y mantención del Equipo Personal de Protección (EPP).
- Realizar inspecciones de manera sistemática y continua para verificar la calidad y operatividad del sistema.