

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO DE GRADO

**“DISEÑO DE UNA GALERÍA FILTRANTE SUBTERRÁNEA DE
HORMIGÓN ARMADO PARA CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE EN LA
COMUNIDAD DE VILLA FÁTIMA – MUNICIPIO DE COBIJA”**

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO PARA OBTENER EL TÍTULO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL

Postulante: Univ. José Luís Ayma Condori

Asesor: Ing. Luis Fernando Vélez Peña

Tutor: Ing. Fabricio Ocampo Vedia

Cobija - Pando – Bolivia

2026

AGRADECIMIENTOS

"Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la realización de este proyecto y contribuyeron a mi crecimiento académico y personal durante este proceso.

En primer lugar, a Dios, por darme la fuerza, la salud y la sabiduría para enfrentar cada reto y culminar esta etapa con éxito.

A mi familia, especialmente a mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, y por creer en mí siempre, incluso en los momentos más difíciles. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A mis docentes y mentores, quienes me guiaron con paciencia y dedicación, transmitiéndome su conocimiento y brindándome su apoyo en cada paso del camino. En particular, agradezco al Ing. Luis Fernando Vélez Peña, por su orientación, sus valiosas sugerencias. Al Ing. Fabricio Ocampo Vedia por las correcciones necesarias en la viabilidad del proyecto. También al Ing. Ariel, por siempre motivarme a dar lo mejor de mí en este trabajo.

A los tribunales, Ing. Efraín Michua Aliaga, Iván Lucio Vildoza Villarroel, a todo ese equipo de jurado que durante la etapa de investigación estuvieron corrigiendo y exigiendo en diferentes aspectos para obtener un buen resultado.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que de alguna forma colaboraron y me brindaron su ayuda, su tiempo y su confianza. Este logro es fruto de cada palabra de apoyo, de cada consejo y de cada gesto de aliento. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento."

DEDICATORIA

"A Dios, por ser mi guía y fortaleza a lo largo de este camino. Gracias por darme la sabiduría, la paciencia y el coraje para enfrentar cada desafío y nunca permitirme perder la fe en mis sueños. En cada momento de incertidumbre, sentí Tu presencia iluminando mi camino y dándome el impulso necesario para seguir adelante. A mi amada familia, por ser el apoyo y la motivación en cada paso de mi vida. A mis padres, por su amor, esfuerzo y sacrificio, por enseñarme con su ejemplo la importancia del trabajo duro y la honestidad. A mis hermanos, por su constante compañía y aliento en los momentos difíciles. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por darme la fuerza para superar cada obstáculo. Este proyecto es el reflejo de todo lo que he aprendido de ustedes y les dedico este logro con todo mi cariño y gratitud."

RESUMEN

El presente Proyecto de Grado desarrolla el diseño de una galería filtrante subterránea de hormigón armado para la captación de agua destinada al consumo humano en la comunidad de Villa Fátima, municipio de Cobija, como una alternativa técnica, eficiente y sostenible para el aprovechamiento de aguas subterráneas en zonas donde las fuentes superficiales son escasas o no presentan condiciones adecuadas para el consumo humano.

La investigación comprendió el análisis físico-químico y bacteriológico del agua de la noria, la caracterización de las propiedades del suelo, la determinación de la permeabilidad, el monitoreo del nivel freático y la evaluación de las condiciones hidráulicas y estructurales necesarias para el diseño de la obra. Estos estudios permitieron establecer la ubicación, profundidad, dimensiones y características técnicas de la galería filtrante, considerando criterios de funcionalidad, seguridad, durabilidad y sostenibilidad.

Asimismo, se desarrolló el cálculo hidráulico y estructural del sistema, incorporando elementos de hormigón armado para garantizar la estabilidad de la infraestructura frente a las cargas del terreno, la presión del agua y las condiciones propias del sitio de emplazamiento. El diseño contempla la captación del agua subterránea, su conducción hacia un tanque de almacenamiento, la elaboración de planos constructivos, el presupuesto de obra y un manual de operación y mantenimiento para asegurar su funcionamiento adecuado a largo plazo.

Los resultados obtenidos indican que la fuente subterránea presenta condiciones favorables para su aprovechamiento mediante una galería filtrante; sin embargo, debido al valor ácido del pH identificado en la muestra analizada, se requiere tratamiento previo, corrección del pH, desinfección y monitoreo periódico para garantizar su aptitud para consumo humano. En este sentido, el proyecto constituye una propuesta técnicamente viable para mejorar el abastecimiento de agua en la comunidad de Villa Fátima y puede servir como modelo replicable en otras zonas con características hidrogeológicas similares.

Palabras clave: galería filtrante, agua subterránea, captación, nivel freático, hormigón armado, tratamiento de agua.

ABSTRACT

This Degree Project develops the design of an underground reinforced concrete filter gallery for the collection of drinking water in the community of Villa Fátima, municipality of Cobija, as a technical, efficient, and sustainable alternative for the use of groundwater in areas where surface water sources are scarce or do not present suitable conditions for human consumption.

The research included the physicochemical and bacteriological analysis of water from the dug well, the characterization of soil properties, the determination of permeability, the monitoring of the water table, and the evaluation of the hydraulic and structural conditions required for the design of the project. These studies made it possible to establish the location, depth, dimensions, and technical characteristics of the filter gallery, considering criteria of functionality, safety, durability, and sustainability.

Likewise, the hydraulic and structural calculation of the system was developed, incorporating reinforced concrete elements to guarantee the stability of the infrastructure against soil loads, water pressure, and the specific conditions of the project site. The design includes groundwater collection, conveyance to a storage tank, preparation of construction drawings, the project budget, and an operation and maintenance manual to ensure its proper long-term performance.

The results obtained indicate that the groundwater source presents favorable conditions for its use through a filter gallery. However, due to the acidic pH value identified in the analyzed sample, prior treatment, pH correction, disinfection, and periodic monitoring are required to guarantee its suitability for human consumption. In this regard, the project constitutes a technically feasible proposal to improve the water supply in the community of Villa Fátima and may serve as a replicable model in other areas with similar hydrogeological characteristics.

Keywords: filter gallery, groundwater, water collection, water table, reinforced concrete, water treatment.

CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
1.5. METODOLOGÍA.....	5
1.5.1. Análisis de los resultados físico- químicos y bacteriológicos del agua identificada en la zona de explotación.....	6
1.5.2. Caracterización de las propiedades del suelo, permeabilidad in situ y en laboratorio.....	7
1.5.3. Monitoreo del nivel freático durante un periodo de tres meses.....	7
1.5.4. Diseño del cálculo hidráulico y estructural de la galería.....	8
1.5.5. Elaboración de planos constructivos del proyecto	8
1.5.6. Formulación del presupuesto general de la obra	8
1.5.7. Redacción de un manual de operación y mantenimiento	9
1.5.8. Estimación de un presupuesto de operación y mantenimiento de la galería	9
1.6. ALCANCES	9
CAPÍTULO II.....	10
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE	10
2.1. MARCO TEÓRICO	10
2.1.1. Análisis físico químico y bacteriológico	10
2.1.1.1. Normativas y criterios técnicos aplicables	10

2.1.1.2. Toma de muestras para agua potable (NB 496)	10
2.1.1.3. Parámetros físico – químicos y bacteriológicos estudiados en laboratorio	11
2.1.2. Ensayos de caracterización de suelos y permeabilidad	15
2.1.2.1. Ensayos de granulometría ASTM D422.....	15
2.1.2.2. Ensayos de límites de Atterberg ASTM D4318	16
2.1.2.3. Ensayos de permeabilidad “in situ” norma ASTM D6391.....	17
2.1.2.4. Ensayos de permeabilidad en laboratorio ASTM D2434.....	18
2.1.3. Monitoreo del nivel freático y procedimientos previos.....	18
2.1.3.1. Procedimientos previos (Levantamiento topográfico)	18
2.1.3.2. Normas y guías para mediciones de nivel freático	19
2.1.3.3. Recolección de datos	20
2.1.3.4. Instalación de pozos de observación	20
2.1.3.5. Disposición	21
2.1.3.6. Densidad	22
2.1.3.7. Profundidad	23
2.1.3.8. Lectura	23
2.1.3.9. Frecuencia de lecturas	24
2.1.3.10. Procesamiento de datos y uso de hidrogramas	24
2.1.4. Aspectos importantes a tomar en cuenta para el diseño hidráulico y estructural	25
2.1.4.1. Generalidades	25
2.1.4.2. Investigaciones y normas utilizadas	25
2.1.4.3. Hidrología	26
2.1.4.4. Ciclo hidrológico	26
2.1.4.5. Distribución vertical de las aguas subterráneas.....	28
2.1.4.6. Zona de aeración.....	28
2.1.4.7. Zona de saturación.....	29
2.1.4.8. Acuíferos	30
2.1.4.9. Tipos de acuíferos.....	30
2.1.4.10. Propiedades del acuífero.....	30
2.1.4.10.1. Porosidad	30

2.1.4.10.2. Conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad.....	30
2.1.4.10.3. Coeficiente de transmisividad.....	31
2.1.4.10.4. Coeficiente de almacenamiento	31
2.1.4.10.5. Caudal o gasto específico.....	31
2.1.4.10.6. Gradiente hidráulico	32
2.1.4.10.7. Radio de influencia	32
2.1.4.11. Galerías.....	32
2.1.4.12. Utilización de las galerías.....	32
2.1.4.13. Ventajas de las galerías construidas en materiales no consolidados	33
2.1.4.14. Clasificación de las galerías	33
2.1.4.14.1. Según características constructivas.....	33
2.1.4.14.2. Según características del acuífero	34
2.1.4.14.3. Ecuaciones de Cálculo hidráulico para galerías filtrantes	38
2.1.4.14.4. Galerías que comprometen todo el espesor del acuífero	39
2.1.4.15. Determinación de la conductividad hidráulica	43
2.1.4.15.1. Acuífero libre con pozos de observación.....	43
2.1.4.16. Parámetros básicos de diseño	44
2.1.4.16.1. Población del proyecto	45
2.1.4.16.2. Métodos de cálculo	45
2.1.4.16.3. Aplicación	46
2.1.4.16.4. Consumo de agua.....	46
2.1.4.16.5. Dotación media diaria	47
2.1.4.16.6. Dotación futura de agua.....	48
2.1.4.16.7. Caudales de diseño.....	48
2.1.4.16.8. Caudales medio diario	48
2.1.4.16.9. Caudales máximo diario	49
2.1.4.16.10. Caudales máximo horario	49
2.1.4.16.11. Periodo de diseño.....	50
2.1.4.17. Aspectos importantes a tomar en cuenta para el diseño estructural	51
2.1.4.17.1. Normas y programas de cálculo estructural.....	51
2.1.4.17.2. Selección del sitio para la construcción de la galería	52
2.1.4.17.3. Trabajos preliminares	52

2.1.4.17.4. Ubicación de la galería.....	53
2.1.4.17.5. Diseño de los componentes de la galería de filtración.....	53
2.1.4.17.6. Selección del material	53
2.1.4.17.7. Geometría y dimensiones del túnel.....	53
2.1.4.17.8. Refuerzo estructural	54
2.1.4.17.9. Canaletas de recolección.....	54
2.1.4.17.10. Caseta de control.....	54
2.1.4.17.11. Pozo colector o tanque de almacenamiento	54
2.1.5. Planos constructivos	55
2.1.5.1. Concepto general	55
2.1.5.2. Importancia técnica	55
2.1.5.3. Contenido de los planos.....	56
2.1.5.4. Programas y normas recomendables	56
2.1.6. Costos y presupuesto general	56
2.1.6.1. Elementos de costo	56
2.1.6.2. Asignación de costos	57
2.1.6.2.1. Costos directos	57
2.1.6.2.2. Costos indirectos.....	57
2.1.6.3. Programas o software requeridos	60
2.1.7. Manual de operación y mantenimiento	60
2.1.8. Presupuesto de operación y mantenimiento	61
2.2. ESTADO DEL ARTE DEL PROBLEMA	62
CAPÍTULO III	65
3. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS	65
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.2.1. Método inductivo.....	65
3.2.2. Método analítico	65
3.2.3. Método deductivo	65

3.2.4. Método de diseño ingenieril	66
3.3. ÁREA DE ESTUDIO	66
3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS	66
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	67
3.5.1. Identificación de los acuíferos en la zona.....	67
3.5.2. Identificación de los puntos de la toma de muestra.....	67
3.5.3. procedimiento de toma de muestra y materiales	69
3.5.4. Análisis físico-químico y bacteriológico del agua	72
3.6. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS	73
3.6.1. Método de obtención de muestras de suelo	73
3.6.2. Ensayos de granulometría (ASTM D422)	75
.....	76
3.6.3. Determinación de los límites de Atterberg según (ASTM D422 – AASHTO)	76
3.6.4. Ensayo de permeabilidad de suelos in situ, Norma ASTM D6391	77
3.6.5. Ensayo de permeabilidad de suelos en laboratorio	78
3.7. PROCEDIMIENTO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	79
3.8. MONITOREO DEL NIVEL FREÁTICO	80
3.9. DISEÑO HIDRÁULICO	81
3.10. DISEÑO ESTRUCTURAL	81
3.10.1. Herramientas utilizadas	82
3.11. ELABORACIÓN DE PLANOS CONSTRUCTIVOS.....	82
3.12. PRESUPUESTOS GENERALES, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	82
3.13. CONTENIDO DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	84
CAPÍTULO IV	85
4. MARCO PRÁCTICO Y RESULTADOS OBTENIDOS	85
4.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS	85
4.1.1. Resultados fisicoquímicos	85

4.1.1.1. Resultados fisicoquímicos de la red de distribución	85
4.1.1.2. Resultados fisicoquímicos de la noria	86
4.1.2. Resultados bacteriológicos	87
4.1.2.1. Resultados bacteriológicos de la red de distribución.....	87
4.1.2.2. Resultados bacteriológicos de la noria	88
4.1.3. Conclusiones y toma de decisiones	88
4.1.3.1. Nivel de pH.....	88
4.1.3.2. Presencia de hongos y levaduras	89
4.2. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	89
4.3. MEDICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO	92
4.3.1. Ubicación del lugar de aforo y planificación.....	92
4.4. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.....	102
4.4.1. Ensayos de laboratorio y de campo.....	103
4.4.2. Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad).	103
4.4.3. Análisis granulométrico por tamizado según (ASTM D422 – AASHTO T88)	106
4.4.4. Limite líquido y limite plástico	108
4.4.5. Permeabilidad de suelos in situ	109
4.4.6. Permeabilidad de suelos en laboratorio	109
4.4.7. Resumen de resultados geotécnicos	110
4.5. MEMORIA DE CÁLCULO HIDRAÚLICO, ESTRUCTURAL, COSTOS Y OPERACIÓN.....	111
4.5.1. Cálculo hidráulico	111
4.5.2. Memoria de cálculo estructural de la galería filtrante	113
4.5.2.1. Normas empleadas	113
4.5.2.2. Método de análisis y diseño estructural	113
4.5.2.3. Características de los materiales.....	114
4.5.2.4. Elementos estructurales	114

4.5.2.5. Acciones adoptadas en el cálculo	116
4.5.2.5.1. Carga muerta	116
4.5.2.5.2. Carga permanente no estructural (DNE)	116
4.5.2.5.3. Carga viva (L)	116
4.5.2.6. Método de diseño	117
4.5.2.6.1. Diseño a resistencia	117
4.5.2.6.2. Combinaciones de carga	117
4.5.2.7. Análisis de cargas debido al empuje de suelos.....	118
4.5.2.8. Cálculos por ordenador.....	121
4.5.2.8.1. Asignación de cargas	121
4.5.2.8.2. Reacciones en apoyos	121
4.5.2.8.3. Esfuerzos en columnas	122
4.5.2.8.4. Esfuerzos en vigas.....	123
4.5.2.8.5. Esfuerzos en losas	124
4.5.2.8.6. Esfuerzos en muros	125
4.5.2.8.7. Esfuerzos en zapatas	126
4.5.2.9. Diseño de elementos de hormigón armado.....	127
4.5.2.9.1. Columnas	127
4.5.2.9.2. Vigas	130
4.5.2.9.3. Losas macizas	136
4.5.2.9.4. Muros y bóveda de hormigón armado	137
4.5.2.9.5. Zapatas combinadas de hormigón armado.....	138
4.5.2.9.6. Tanque de bombeo.....	140
4.5.2.9.7. Estructura tipo cáscara	143
4.5.2.9.8. Tanque de almacenamiento.....	145
4.5.2.9.9. Caseta de control.....	147
4.5.2.9.10. Planos constructivos	148
4.6. COSTOS Y PRESUPUESTOS DE OBRA	149
4.7. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	150
4.7.1. Introducción.....	150
4.7.2. Descripción del sistema.....	150
4.7.2.1. Componentes de los sistemas	151

4.7.3. Procedimientos de operación.....	153
4.7.3.1. Inspección regular	153
4.7.3.2. Bombeo al tanque de almacenamiento	154
4.7.3.3. Control de calidad de agua	154
4.7.4. Procedimientos de mantenimiento	154
4.7.4.1. Procedimientos de Inspección	154
4.7.4.1.1. Lista de Verificación:.....	155
4.7.4.2. Limpieza de sedimentos	155
4.7.4.3. Reparación de estructuras	156
4.7.4.4. Prevención de infiltración de contaminantes.....	158
4.7.4.5. Control de vegetación.....	159
4.7.4.6. Desobstrucción de conductos	161
4.7.5. Procedimientos de emergencia	163
4.7.6. Anexos de formatos de registro	164
4.7.6.1 Anexo 1: Formato de Registro de Inspección.	164
4.7.6.2. Anexo 2: Formato de Registro de Calidad del Agua.....	166
4.7.6.3. Anexo 3: Lista de Equipos y Herramientas de Mantenimiento.....	167
4.7.7. Costos de operación y mantenimiento.....	168
CAPÍTULO V	170
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	170
5.1. CONCLUSIONES	170
5.2. RECOMENDACIONES.....	172
BIBLIOGRAFÍA	174
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica del área de estudio	2
Figura 1.2 Esquema metodológico del proyecto	5
Figura 1.3 Parámetros fisicoquímicos evaluados en laboratorio	6
Figura 1.4 Parámetros bacteriológicos evaluados en laboratorio	6
Figura 1.5 Representación del flujo subterráneo natural	7
Figura 1.6 Esquema de pozos de observación del nivel freático	7
Figura 2.1 Representación topográfica mediante curvas de nivel	19
Figura 2.2 Esquema técnico de pozos de observación	21
Figura 2.3 Distribución de una red de pozos de observación	22
Figura 2.4 Diagrama de sondas para medición del nivel de agua	23
Figura 2.5 Variación del nivel de agua subterránea	25
Figura 2.6 Representación esquemática del ciclo hidrológico	27
Figura 2.7 Distribución vertical del agua en el subsuelo	28
Figura 2.8 Condiciones superficiales del terreno	29
Figura 2.9 Condiciones de la superficie freática.	29
Figura 2.10 Galería con escurrimiento propio	35
Figura 2.11 Galería con recarga superficial	35
Figura 2.12 Galerías que comprometen la parte superior del acuífero con escurrimiento propio	36
Figura 2.13 Galerías que comprometen la parte superior del acuífero con recarga superficial	36
Figura 2.14 Galerías en acuíferos con recarga superficial de gran espesor	37
Figura 2.15 Galerías en acuíferos con recarga superficial y de poco espesor	37
Figura 2.16 Galería con escurrimiento propio	40

Figura 2.17 Galería que compromete todo el espesor del acuífero y alimentado por ambos lados.....	41
Figura 2.18 Nivel dinámico del acuífero en la galería que compromete el espesor del acuífero.....	41
Figura 2.19 Altura del escurrimiento en la galería que compromete todo el espesor del acuífero.....	42
Figura 2.20 Galería adyacente a una fuente superficial	43
Figura 2.21 Determinación de la conductividad hidráulica.....	44
Figura 2.22 Detalles del pozo o cámara colectora.....	55
Figura 3.1 Tanque elevado de la comunidad.....	66
Figura 3.2 Acuífero	67
Figura 3.3 Ubicación geográfica de la muestra (D-1).	68
Figura 3.4 Ubicación geográfica de la muestra (F-2).....	68
Figura 3.5 Toma de la muestra (D-1)	70
Figura 3.6 Toma de la muestra (F-2).....	71
Figura 3.7 Barrena tipo cuchara	74
Figura 3.8 Tamizado de las muestras	76
Figura 3.9 Ensayo de copa de casa grande	77
Figura 3.10 Permeabilidad in situ.....	78
Figura 3.11 Permeámetro de carga constante.....	79
Figura 3.12 Dron Phantom 4 RTK	80
Figura 4.1 Escala de “pH”.	85
Figura 4.2 Aclaraciones de la norma OMS	89
Figura 4.3 Procesamiento de imágenes en el programa Metashape	90
Figura 4.4 Procesamiento de imágenes en ARCGIS	91

Figura 4.5 Procesamiento de imágenes en el Civil 3D.....	91
Figura 4.6 Ubicación del lugar de aforo	92
Figura 4.7 Lugar del pozo de observación.	93
Figura 4.8 Hidrograma de altura de nivel freático vs caudal, pozo 1 año 2021	98
Figura 4.9 Hidrograma de altura de nivel freático vs caudal, pozo 2, año 2021	99
Figura 4.10 Hidrograma de altura de nivel freático vs caudal, pozo 1, año 2025.....	100
Figura 4.11 Hidrograma de altura de nivel freático vs caudal, pozo 2, año 2025	101
Figura 4.12 Ubicación del punto de muestreo de suelo.....	102
Figura 4.13 Preparación de muestras de suelo para ensayos de laboratorio	103
Figura 4.14 Proceso de enfriamiento de muestras de suelo.....	104
Figura 4.15 Pesaje de muestras de suelo	105
Figura 4.16 Preparación de las muestras A1, A2, A3, A4.....	107
Figura 4.17 Ensayo de determinación del límite plástico	108
Figura 4.18 Medición y registro de datos del ensayo de permeabilidad	108
Figura 4.19 Permeámetro de carga constante utilizado en laboratorio	110
Figura 4.20 Modelo estructural desarrollado en SAP2000 v23.0.0	113
Figura 4.21 Caseta de control del sistema de captación.....	147
Figura 4.22 Modelo tridimensional de la galería filtrante	148
Figura 4.23 Croquis general de la galería filtrante	151
Figura 4.24 Componentes principales del sistema de captación	152
Figura 4.25 Equipo de hidrolimpieza para mantenimiento del sistema	156
Figura 4.26 Reparación de grietas y fisuras en estructuras de hormigón	157
Figura 4.27 Actividades de educación y concientización comunitaria	159
Figura 4.28 Procedimiento de desbroce manual del área de intervención	160

Figura 4.29	Limpieza de residuos sólidos y vegetación superficial	161
Figura 4.30	Procedimiento de desobstrucción manual de conductos.....	162
Figura 4.31	Bomba de desagüe para labores de mantenimiento	163
Figura 4.32	Sistema de apuntalamiento temporal en estructuras afectadas	164
Figura 4.33	Formato de registro para inspección de seguridad.....	165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros de control mínimo.....	14
Tabla 2.2 Parámetros de control básico	14
Tabla 2.3 Parámetros de control complementario	15
Tabla 2.4 Clasificación del suelo según la norma ASTM D422	15
Tabla 2.5 Resumen de métodos utilizados norma ASTM D4318	16
Tabla 2.6 Interpretación y clasificación de suelos.....	17
Tabla 2.7 Interpretación de permeabilidad in situ y a carga constante.....	18
Tabla 2.8 Numero de observaciones por unidad de superficie (OOSTERBAAN 1988)	22
Tabla 2.9 Características del acuífero.....	38
Tabla 2.10 Características físicas del acuífero	39
Tabla 2.11 Caudal de explotación	39
Tabla 2.12 Aplicación de métodos de cálculo para la estimación de la población futura...	46
Tabla 2.13 Dotación media diaria (l/hab-d).....	47
Tabla 2.14 Valores del coeficiente k ₂	49
Tabla 2.15 Periodo de diseño (años).....	50
Tabla 2.16 Desglose de cargas sociales.....	58
Tabla 3.1 Datos de la toma de muestra (D-1).....	70
Tabla 3.2 Planilla de registro del lugar (D-1).....	71
Tabla 3.3 Datos de la toma de muestra (F-2).	71
Tabla 3.4 Planilla de registro del lugar (F-2).....	72
Tabla 3.5 Parámetros y límites permitidos para ensayos físico-químicos.....	72
Tabla 3.6 Parámetros y límites permitidos para ensayos bacteriológicos	73
Tabla 3.7 Tabla de incidencias utilizadas para el proyecto	83

Tabla 4.1	Resultados fisicoquímicos de la red de distribución (D-1).	85
Tabla 4.2	Resultados físico-químicos de la noria (F-2).....	86
Tabla 4.3	Resultados de la red de distribución (D-1)	87
Tabla 4.4	Resultados bacteriológicos de la noria (F-2).	88
Tabla 4.5	Registro de datos de nivel freático pozo 1, año 2021	94
Tabla 4.6	Registro de datos de nivel freático pozo 2, año 2021	95
Tabla 4.7	Registro de datos de nivel freático pozo 1, año 2025.....	96
Tabla 4.8	Registro de datos de nivel freático pozo 2, año 2025.....	97
Tabla 4.9	Contenido de humedad	106
Tabla 4.10	Resumen de resultados	110
Tabla 4.11	Propiedades básicas del suelo.....	120
Tabla 4.12	Resumen de costos de la obra.....	149
Tabla 4.13	Registro de calidad de agua	166
Tabla 4.14	Resultados de ICA.....	167
Tabla 4.15	Presupuesto general de operación y mantenimiento.....	168
Tabla 4.16	Desglose de ítems	169

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene el objetivo de diseñar una galería filtrante para la comunidad de Villa Fátima, como una nueva alternativa de captación, constituyéndose en una importante alternativa de suministro de agua, tanto en cantidad como en calidad. Este sistema, ampliamente utilizado en diferentes partes del mundo, destaca por su bajo costo de operación y mantenimiento, así como por su capacidad para integrarse de manera armoniosa con el entorno natural.

La galería filtrante sirve para captar fuentes subterráneas; se habla hasta de aguas subsuperficiales o subálveas, es decir, aguas subterráneas que corren por el subálveo (bajo la corriente) del río y que han sufrido un proceso natural de filtración por lo que se consideran de muy buena calidad. Esta captación se lleva a cabo a través de una estructura u obra hidráulica compuesta por uniones de tuberías con ranuras o perforaciones o un drenaje/túnel de bloque, colocado horizontalmente. La mayoría de las veces transcurre por debajo del nivel freático con suelos permeables o por debajo del nivel del agua en un río, permitiendo así la recolección de agua a lo largo de toda su extensión. Dicha estructura está rodeada por un material granular (grava y arena) que no sólo mejora la infiltración, sino que también impide que las partículas más grandes bloqueen las perforaciones. Finalmente, el agua recogida va a un pozo o tanque recolector desde donde se conduce para su aprovechamiento.

La implementación de una galería filtrante no solo busca resolver los problemas actuales de abastecimiento de agua, sino también sentar las bases para un desarrollo sostenible a largo plazo, promoviendo la autosuficiencia hídrica de la comunidad y mejorando la calidad de vida de sus habitantes. Confiamos en que este trabajo contribuirá significativamente al desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles para la gestión del agua en comunidades rurales, y que sentará un precedente para futuras investigaciones y proyectos en la región.

Para complementar al proyecto y tener garantías de su funcionamiento, se realizará un manual de operación y mantenimiento, esto con el objetivo de que los mismos comunarios sean capaces de darle un uso adecuado a la infraestructura. También se efectuará un presupuesto general, el cual este acorde a la situación económica de la comunidad.

1.1. ANTECEDENTES

Las galerías filtrantes, también llamadas túneles subterráneos o minas de captación de agua, representan un método ancestral de aprovechamiento de aguas subterráneas, sobre todo en regiones donde las fuentes superficiales han sido escasas. Entre las más antiguas están las de Qaná, Jericó, Jerusalén, Marrakech, etc. También hay antecedentes en la historia de este tipo de obras como los conocidos “Ganats” (Persia, India, Grecia, entre otros), canales subterráneos artificiales que transportaban el agua a grandes distancias y los “Foggaras” del Magreb. (SANTAMARTA y SUÁREZ, 2015, pág. 10).

Tal como indica el CEPIS (2002), En América, al igual que en las antiguas culturas europeas y asiáticas, las poblaciones también se desarrollaron a orillas de ríos y lagos. Sin embargo, gran parte de las labores agrícolas se realizaron durante los períodos de lluvia, lo que llevó al desarrollo de diferentes tipos de obras hidráulicas. Como hace más de 1.500 años en la cultura Nazca, quienes construían galerías de filtración para irrigar sus campos agrícolas y que aún hoy en día se conservan, (pág. 4).

Según el documento de Criterios de Diseño y Construcción de Galerías Filtrantes (2004), En Bolivia, las obras de abastecimiento de agua como es el caso de la captación y la conducción de agua subterránea, se han evidenciado eficientes trabajos en distintos departamentos del país. Por ejemplo, en Cochabamba, Oruro y Potosí, las obras de galerías filtrantes han sido una propuesta viable, eficiente, pertinente y adecuada para las condiciones locales de esas regiones. (pág. 5).

Figura 1.1

Ubicación geográfica del área de estudio



Ubicación geográfica de la comunidad Villa Fátima, municipio de Cobija, GOOGLE EARTH

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la comunidad de Villa Fátima, perteneciente al municipio de Cobija, se ha identificado una problemática estructural relacionada con la disponibilidad y aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo. A pesar de la existencia de aguas del subsuelo potencialmente aptas para el consumo humano, la comunidad carece de una infraestructura eficiente y sostenible que permita su captación, lo cual limita el acceso regular de agua potable.

El problema radica en la ausencia de un sistema adecuado de captación, lo que obliga a la población a recurrir a fuentes inapropiadas, costosas o no seguras. En muchos casos, la explotación del recurso se realiza de forma empírica, sin estudios técnicos previos ni estructura que asegure la calidad del agua extraída. Esto representa un riesgo para la salud pública, además de obstaculizar el desarrollo comunitario.

Las causas del problema se relacionan principalmente con la falta de inversión en infraestructura hidráulica básica, el escaso conocimiento técnico sobre tecnologías de captación subterránea, y la limitada disponibilidad de estudios hidrogeológicos y geotécnicos de la zona. También se observa una ausencia de planificación técnica que articule las necesidades locales con soluciones estructurales sostenibles.

Entre los efectos más notorios se encuentra el déficit de agua potable, que afecta la calidad de vida de la población, incrementa el riesgo de enfermedades de origen hídrico, y limita la posibilidad de desarrollar actividades productivas y educativas. La falta de acceso continuo al agua compromete la salud, la higiene y la seguridad alimentaria de los habitantes.

Ante este contexto, el diseño de una galería filtrante subterránea de hormigón armado se presenta como una solución técnica viable, capaz de garantizar la captación eficiente de aguas del subsuelo mediante un sistema estructural resistente, funcional y de bajo mantenimiento. Esta intervención permitirá además evaluar la calidad del recurso y establecer las condiciones para su uso sostenible.

¿De qué manera el diseño de una galería filtrante subterránea de hormigón armado puede mejorar la captación eficiente de agua potable del subsuelo en la comunidad de Villa Fátima, municipio de Cobija?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una galería filtrante subterránea de hormigón armado para la captación eficiente de aguas subterráneas en la comunidad de Villa Fátima, municipio de Cobija.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Analizar los resultados físico- químicos y bacteriológicos del agua identificada en la zona de intervención.
- ✓ Monitorear el nivel freático mediante registros sistemáticos durante un periodo de tres meses.
- ✓ Caracterizar las propiedades del suelo mediante ensayos de permeabilidad in situ y pruebas de laboratorio.
- ✓ Diseñar el sistema hidráulico y estructural de la galería de hormigón armado
- ✓ Elaborar los planos constructivos del proyecto, contemplando aspectos técnicos, estructurales e hidráulicos necesarios para su ejecución.
- ✓ Formular el presupuesto de obra detallado, considerando presupuesto general.
- ✓ Redactar un manual de operación y mantenimiento
- ✓ Estimar los costos asociados a la operación y mantenimiento del sistema.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La disponibilidad y acceso a agua potable es un derecho fundamental y un recurso esencial para el desarrollo de las comunidades rurales. Sin embargo, muchas zonas rurales enfrentan problemas relacionados con la escasez, contaminación y distribución ineficiente del agua. Estas limitaciones afectan directamente la salud, la calidad de vida y las oportunidades de desarrollo económico de la población.

El diseño de una galería filtrante subterránea de hormigón armado para la captación de agua potable responde a la necesidad de aprovechar fuentes de agua subterránea de manera sostenible, eficiente, infraestructura resistente y duradera. Podemos señalar los siguientes aspectos:

- ✓ Aprovecha las propiedades filtrantes del suelo para reducir la carga de sedimentos y contaminantes en el agua captada, mejorando su calidad desde la fuente.

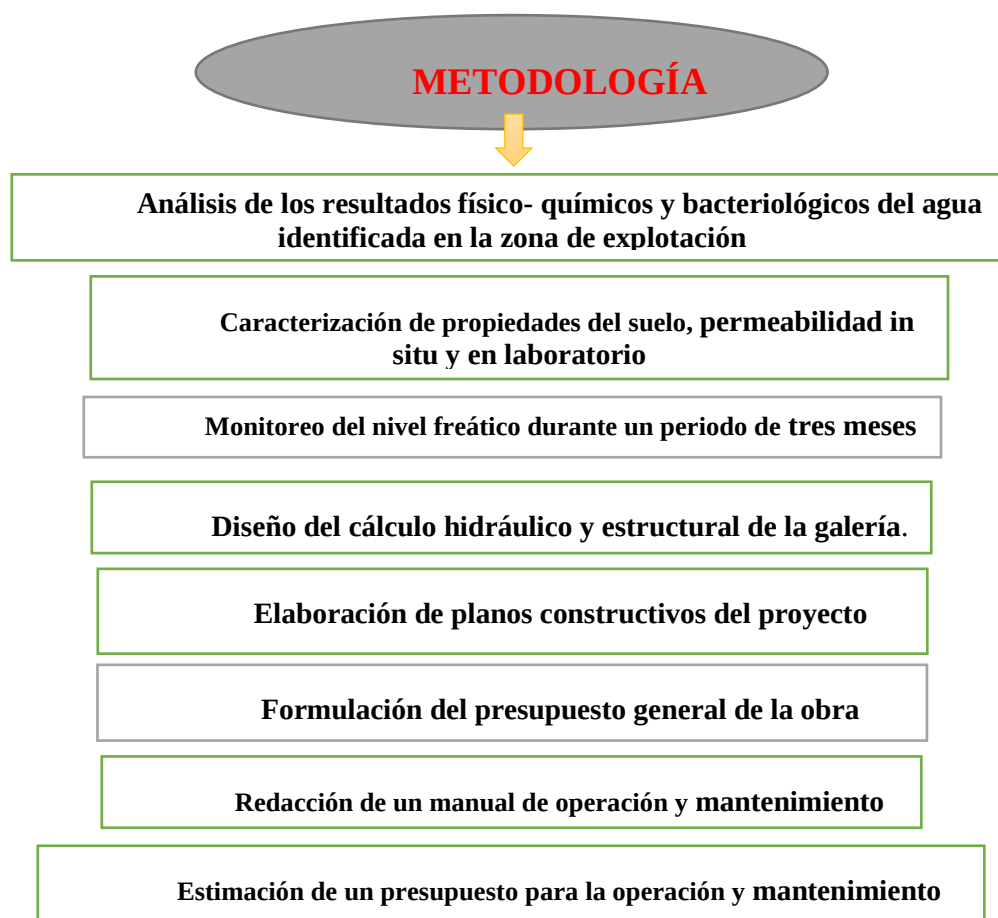
- ✓ El uso de hormigón armado garantiza una estructura robusta, resistente a condiciones climáticas adversas y de bajo mantenimiento, ideal para comunidades con recursos limitados.
- ✓ Este tipo de infraestructura minimiza el impacto ambiental, evita la agotación de fuentes superficiales y promueve el uso racional de los recursos hídricos.

La implementación de este proyecto en la comunidad, contribuirá a resolver problemas de abastecimiento de agua potable, impactando positivamente en la salud pública, la educación y las actividades productivas de la región. Además, servirá como modelo replicable en otras localidades con condiciones similares, promoviendo la equidad en el acceso a este recurso vital.

1.5. METODOLOGÍA

Figura 1.2

Esquema metodológico del proyecto



Actividades metodológicas a desempeñarse durante el proyecto

1.5.1. Análisis de los resultados físico- químicos y bacteriológicos del agua identificada en la zona de explotación.

Se identifican los parámetros físico-químicos y bacteriológicos relevantes para la calidad del agua potable mediante estudios de laboratorio de aguas. Así como también, determinar si el agua cumple con las normas y estándares establecidos por organismos como la OMS, EPA o normativa local aplicable. A continuación, tenemos los parámetros que analizaremos:

Figura 1.3

Parámetros fisicoquímicos evaluados en laboratorio

PH
CONDUCTIVIDAD (Es/cm)
TEMPERATURA (°C)
SALINIDAD (%)
SOLIDOS DISUELTOS (mg/L)
SOLIDOS EN SUSPENSION (mg/L)
SOLIDOS TOTALES (mg/L)
TURBIDEZ (NTU)
COLOR LIBRE (mg/L)
COLOR TOTAL (mg/L)
CLORUROS (mg/L)
CARBONATOS (mg/L)
BICARBONATOS (mg/L)
SODIO (mg/L)
POTASIO (mg/L)

Parámetros físico- químicos requeridos mediante estudios de laboratorio

Figura 1.4

Parámetros bacteriológicos evaluados en laboratorio

COLIFORMES TOTALES
UFC/100 ml de agua
COLIFORMES FECALES
UFC/100 ml de agua
RECuento TOTAL DE MESOFILIOS
AEROBIOS 37°C
UFC/100 ml de agua
HONGOS Y LEVADURAS
UFC/100 ml de agua

Parámetros bacteriológicos requeridos mediante estudios de laboratorio

1.5.2. Caracterización de las propiedades del suelo, permeabilidad in situ y en laboratorio

Las caracterizaciones de las propiedades del suelo se realizaron mediante:

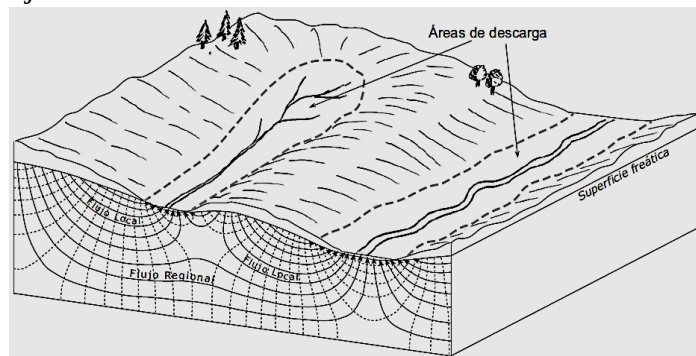
- ✓ Ensayos de granulometría
- ✓ Límites de Atterberg. Posteriormente
- ✓ Permeabilidad in situ
- ✓ Permeabilidad en laboratorio

1.5.3. Monitoreo del nivel freático durante un periodo de tres meses.

Se excavaron pozos de observación entubados, a profundidades considerables, cuya finalidad sea la de realizar aforos de nivel freático en estaciones climatológicas críticas durante 3 meses.

Figura 1.5

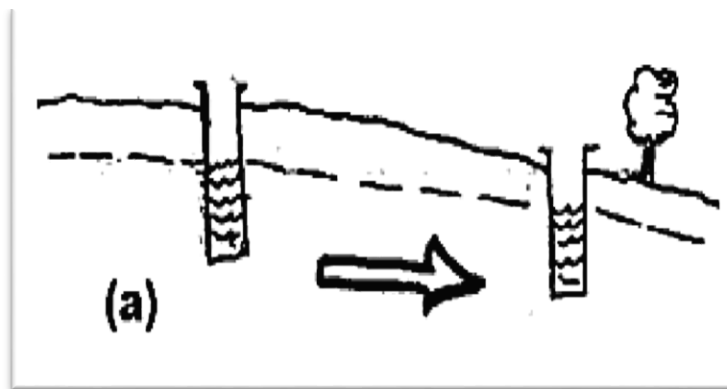
Representación del flujo subterráneo natural



Región natural de conductividad hidráulica homogénea.
(UNATSABAR) manual de diseño de galerías filtrantes

Figura 1.6

Esquema de pozos de observación del nivel freático



El agua subterránea no siempre circula de los puntos más altos hacia los más bajos
(UNATSABAR) manual de diseño de galerías filtrantes

1.5.4. Diseño del cálculo hidráulico y estructural de la galería.

Se procedió al diseño mismo de la estructura teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los estudios de campo y ensayos de laboratorio, teniendo además muchas otras más consideraciones que indican los manuales de diseño de galerías filtrantes.

a) Diseño hidráulico

- ✓ Estimamos el caudal requerido para satisfacer las necesidades de la comunidad.
- ✓ Definimos la longitud y sección de la galería para captar el flujo requerido.

b) Diseño estructural

- ✓ Se determinó el perfil de la galería (circular, rectangular o elíptico) en función de la estabilidad estructural y facilidad constructiva.
- ✓ Se calculó la presión del terreno y nivel freático (carga hidrostática). Sobrecarga debida a estructuras, tráfico o materiales en superficie.
- ✓ Se obtuvo la Presión hidráulica generada por el flujo del agua y peso propio de la estructura de hormigón. Así como también, los esfuerzos axiales, cortantes y de flexión mediante el uso de métodos como la teoría de elementos finitos o fórmulas analíticas mediante programas de diseño.
- ✓ Se Utilizó software de análisis estructural (, SAP2000) para simular las condiciones de carga y verificar la resistencia de la galería.

1.5.5. Elaboración de planos constructivos del proyecto

Una vez terminado el cálculo y diseño, se procedió a realizar los planos arquitectónico y constructivos contemplará el proyecto, utilizando la herramienta de AutoCAD.

1.5.6. Formulación del presupuesto general de la obra

En el presente capítulo se formulan los costos y rendimientos en el proceso constructivo de galerías de infiltración. utilizando como referencia Galerías de Infiltración construidas en ciudades como Cochabamba, Oruro y Potosí. Así también los costos directos de las obras, es decir los costos por utilización de equipos, materiales y la mano de obra empleada en el proceso, utilizando el programa Quark.

1.5.7. Redacción de un manual de operación y mantenimiento

El manual de operación y mantenimiento permite la programación de las tareas para el mantenimiento preventivo. Además, en ella se explican las principales tareas del operador para manejar y mantener el sistema. Por tanto, la captación tendrá un manual que facilite el manejo del sistema de galerías filtrantes y se debe capacitar al operador para que pueda usarlo.

1.5.8. Estimación de un presupuesto de operación y mantenimiento de la galería

En esta parte se plantean los costos que requerirán las actividades de mantenimiento del sistema de captación, El presente documento también incluye los costos de los Análisis Físico-Químicos y Bacteriológicos del agua que se realizan con frecuencia mensual y trimestral respectivamente puesto que es obligatorio por Reglamento Nacional.

1.6. ALCANCES

- ✓ Se pretende tener resultados óptimos en calidad del agua y que estén dentro de los parámetros permitidos por la OMS y normativa boliviana vigente.
- ✓ Se espera obtener un banco de datos de las mediciones del nivel freático mediante pozos de observación.
- ✓ En cuanto a los suelos, se espera obtener un suelo permeable y con un coeficiente “k” dentro de los parámetros permitidos.
- ✓ Para el cálculo hidráulico y estructural, queremos lograr un dimensionamiento acorde al caudal estimado, también una estructura resistente, funcional, etc.
- ✓ En cuanto al dibujo de planos, estos contemplaran detalles arquitectónicos, estructurales y constructivos.
- ✓ Mediante el programa Quark, se espera presupuestar una obra con costos bajos y que sea económicamente viable.
- ✓ Se espera brindar información útil y de fácil entendimiento para el operador.
- ✓ Se espera tener costos bajos y accesibles al bolsillo de los comunarios.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Análisis físico químico y bacteriológico

2.1.1.1. Normativas y criterios técnicos aplicables

Los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos del agua se fundamentan en principios y normas científicas que permiten determinar la calidad del recurso hídrico, identificar su aptitud para diferentes usos y evaluar su impacto en la salud humana y el medio ambiente.

El análisis debe seguir estándares nacionales e internacionales para garantizar resultados confiables y comparables. Algunas referencias comunes son:

- ✓ Organización Mundial de la Salud (OMS): Guías para la calidad del agua potable.
- ✓ Normas NB 512: Establece los estándares de calidad para el agua potable destinada al consumo humano en Bolivia. Es un documento técnico que fija los valores máximos permisibles para una variedad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos con el objetivo de garantizar la seguridad y potabilidad del agua.
- ✓ Norma NB 325002: Es un estándar técnico que establece los requisitos para el agua de mesa en Bolivia.
- ✓ Norma Boliviana NB 496 (Agua potable – Toma de muestra)

2.1.1.2. Toma de muestras para agua potable (NB 496)

Esta norma tiene por objeto establecer “las condiciones y frecuencias necesarias para llevar a cabo el muestreo representativo de agua potable para ser sometida a análisis físicos, químicos y bacteriológicos”. Contiene apartados como:

- ✓ Selección de los puntos de muestreo
- ✓ Método de muestreo
- ✓ Procedimiento de la toma de muestras
- ✓ Transporte y conservación de muestras
- ✓ Condiciones de envases y tapas
- ✓ Control de calidad en el muestreo

2.1.1.3. Parámetros físico – químicos y bacteriológicos estudiados en laboratorio

Se verifica que el laboratorio tenga acreditación o cumpla requisitos de competencia técnica para hacer análisis físico-químico y microbiológico, conforme a la normativa boliviana. El análisis implica analizar parámetros su calidad una vez obtenido los resultados de laboratorio, véase las tablas (2.1;2.2;2.3). a continuación, mencionaremos conceptos obtenidos en las guías para la calidad del agua potable de la (OMS).

a) PH. –

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución, donde el valor de pH indica la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en la solución. El rango de pH va de 0 a 14, donde una solución con un pH de 7 se considera neutral, una solución con un pH menor a 7 se considera ácida y una solución con un pH mayor a 7 se considera alcalina o básica.

b) Conductividad. –

La conductividad del agua es una medida de su capacidad para conducir la electricidad. Se debe a la presencia de iones en el agua, que son partículas cargadas eléctricamente. Las aguas con alta conductividad suelen indicar una alta concentración de sales y otros compuestos iónicos disueltos en el agua, lo que puede ser perjudicial para su uso en aplicaciones como la agricultura o la producción de alimentos y bebidas. La conductividad aumenta con la temperatura. Por lo tanto, las mediciones suelen ajustarse a una medida estándar para comparaciones precisas. La OMS no establece un límite específico para la conductividad del agua potable, pero sugiere que una alta conductividad puede ser indicativa de problemas de calidad del agua.

c) Temperatura. –

La temperatura del agua se refiere a la medida de la cantidad de calor que se encuentra presente en el agua y puede ser medida en grados Celsius ($^{\circ}C$) o Fahrenheit ($^{\circ}F$).

d) Salinidad. –

La salinidad del agua es la concentración total de sales disueltas en el agua. Esta medida se expresa generalmente en partes por millón (ppm) o en unidades de conductividad eléctrica, como la conductividad eléctrica específica (CE).

e) Sólidos disueltos. –

Los sólidos disueltos son una medida de la cantidad de materia sólida que se encuentra disuelta en un líquido, en este caso en el agua. Estos sólidos pueden ser sales, minerales, ácidos orgánicos y otros compuestos orgánicos e inorgánicos.

f) Sólidos en suspensión. –

Los sólidos en suspensión son partículas sólidas que se encuentran en el agua y que no se han disuelto completamente en ella, sino que están suspendidas en su interior. Estas partículas pueden ser de diferentes tamaños y orígenes, y pueden incluir sedimentos, tierra, arena, arcilla, materia orgánica y otros materiales que se encuentran en el agua.

g) Sólidos totales. –

Los sólidos totales son una medida de la cantidad total de materia sólida presente en una muestra de agua. Estos sólidos pueden ser de dos tipos: sólidos disueltos y sólidos suspendidos. Los sólidos disueltos se refieren a la cantidad de materia sólida disuelta en el agua, mientras que los sólidos suspendidos son partículas en suspensión en el agua que pueden ser removidas por filtración.

h) Turbidez. –

La turbidez del agua es una medida de la cantidad de partículas suspendidas en el agua que pueden interferir con la transmisión de la luz a través del agua. Estas partículas pueden incluir arcilla, sedimentos, microorganismos y otros materiales en suspensión. Alta turbidez puede ser indicativa de contaminación microbiológica y química, lo que representa un riesgo para la salud si el agua se utiliza para consumo humano.

i) Cloro libre. –

El cloro libre en el agua es la cantidad de cloro disponible para desinfectar el agua, que viene siendo un desinfectante comúnmente utilizado para matar microorganismos en el agua, incluyendo bacterias, virus y otros patógenos, y, además, no está combinada con otras sustancias.

j) Cloro total. –

El cloro total en el agua es la cantidad total de cloro que se encuentra en una muestra de agua, incluyendo tanto el cloro libre como el cloro combinado con otras sustancias en el agua, como por ejemplo los compuestos orgánicos presentes. Se utiliza como una medida de la eficacia del tratamiento de desinfección y es un indicador importante de la calidad del agua potable.

k) Cloruros. –

Es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, su presencia es necesaria en aguas potables. Un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas.

l) Carbonatos. –

Los carbonatos en el agua son compuestos químicos que contienen iones de carbonato (CO_3^{2-}) y se encuentran en solución en el agua. Estos pueden ser naturales o pueden ser el resultado de la adición de productos químicos como el bicarbonato de sodio o el carbonato de calcio durante el proceso de tratamiento del agua

m) Bicarbonatos. –

Los bicarbonatos en el agua son compuestos químicos que contienen iones bicarbonato (HCO_3^-) y se encuentran en solución en el agua. Son uno de los componentes principales de la dureza del agua y pueden ser naturales o pueden ser el resultado de la adición de productos químicos durante el proceso de tratamiento del agua. En concentraciones elevadas, los bicarbonatos pueden causar dureza en el agua.

n) Sodio. –

La presencia de sodio se debe a la disolución de sales que contienen este elemento, como el cloruro de sodio (sal común) o el bicarbonato de sodio. Este elemento es importante porque puede afectar su sabor, su uso y su impacto en la salud.

o) Potasio. –

El potasio es un elemento químico que puede encontrarse en el agua en pequeñas cantidades. Normalmente, la concentración de potasio es muy baja, generalmente inferior a 1 mg/L. Las concentraciones de potasio en el agua potable suelen ser bajas y no representan un riesgo significativo para la salud. No existen límites específicos regulados para el potasio en el agua potable en muchos países, ya que las concentraciones típicas son seguras.

p) Coliformes totales. –

Los coliformes totales son un grupo de bacterias que se utilizan como indicadores de la calidad del agua. Estas bacterias son comunes en el medio ambiente, incluyendo el suelo, las plantas y los intestinos de animales de sangre caliente.

q) Coliformes fecales. –

Los coliformes fecales son un subgrupo de las bacterias coliformes que se utilizan como indicadores de la calidad sanitaria del agua. Estas bacterias se encuentran en grandes cantidades en los intestinos de los animales de sangre caliente, incluyendo los humanos, y su presencia en el agua es un indicador de contaminación fecal y posible presencia de microorganismos patógenos (como bacterias, virus o parásitos) que pueden causar enfermedades.

r) Mesófilos aerobios. -

Los mesófilos aerobios son un grupo de microorganismos que requieren oxígeno para crecer y que pueden desarrollarse a temperaturas moderadas, típicamente entre 20 y 45 grados Celsius. Son comunes en el medio ambiente y se encuentran en una amplia variedad de alimentos, suelos y agua.

s) Hongos y levaduras. -

Los hongos son organismos heterótrofos que se alimentan de otros seres vivos o de materia orgánica muerta. Los hongos y las levaduras pueden encontrarse en el agua, ya sea de forma natural o debido a la contaminación por materia orgánica. La contaminación del agua con hongos y levaduras puede causar infecciones, alergias y otros problemas de salud. Las personas inmunocomprometidas son particularmente vulnerables. La presencia de estos microorganismos es un indicador de que el agua puede no ser segura para el consumo y requiere tratamiento.

Tabla 2.1

Parámetros de control mínimo

Parámetro	Valor máximo aceptable
pH	6,5 – 9,0
Conductividad	1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$
Turbiedad	5 UNT
Cloro residual	0,2 – 1,0 mg/l
Coliformes termoresistentes	0 UFC/100 ml

Fuente: Capítulo III de la norma NB-512

Tabla 2.2

Parámetros de control básico

Parámetro	Valor máximo aceptable
Físicos	
Color	15 UCV
Químicos	
Sólidos totales disueltos	1.000 mg/l
Químicos Inorgánicos	
Alcalinidad total	370,0 mg/l de CaCO_3
Calcio	200,0 mg/l
Cloruros	250,0 mg/l
Dureza	500,0 mg/l de CaCO_3
Hierro total	0,3 mg/l
Magnesio	150,0 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l
Sodio	200,0 mg/l
Sulfatos	400,0 mg/l

Fuente: Capítulo III de la norma NB-512

Tabla 2.3*Parámetros de control complementario*

Parámetro	Valor máximo aceptable
Microbiológicos	
Bacterias	0 UFC/100 ml
Coliformes totales	0 UFC/100 ml
Escherichia coli	500 UFC/100 ml
Heterotróficas totales	0 UFC/100 ml
Pseudomonas aeruginosa	0 UFC/100 ml
Clostridium perfringens	0 UFC/100 ml

Fuente: Capítulo III de la norma NB-512

2.1.2. Ensayos de caracterización de suelos y permeabilidad

Se emplea el ensayo de clasificación de suelos según las normas ASTM (como ASTM D2487 y ASTM D2488) es fundamental en proyectos de ingeniería y construcción por varias razones. A continuación, mencionaremos los 4 ensayos que abordaremos en el proyecto:

- ✓ Ensayos de granulometría
- ✓ Límites de Atterberg
- ✓ Permeabilidad in situ
- ✓ Permeabilidad en laboratorio

2.1.2.1. Ensayos de granulometría ASTM D422

Se basa en la separación mecánica de las partículas según su tamaño, utilizando un juego de tamices normalizados. Cada tamiz retiene una fracción de suelo, que se pesa individualmente para calcular el porcentaje que pasa o retiene cada tamaño. Este análisis permite obtener la curva granulométrica, fundamental para la clasificación del suelo, la evaluación de permeabilidad, y el comportamiento mecánico del terreno.

Tabla 2.4*Clasificación del suelo según la norma ASTM D422*

Tipo de suelo	Rango de tamaño (mm)	Descripción
Gravas	> 4.75	Material grueso y drenante
Arenas	0.075 – 4.75	Buenas propiedades de drenaje
Limos	0.002 – 0.075	Intermedios, baja plasticidad
Arcillas	< 0.002	Alta cohesión, baja permeabilidad

Fuente: norma ASTM D422

Materiales necesarios:

- ✓ Juego de tamices ASTM E11: Tamizado mecánico para partículas mayores a 0.075 mm (tamiz N°200).
- ✓ Agitador mecánico o manual: Para dispersar y homogenizar la muestra
- ✓ Balanza de precisión (0.01 g): Para pesar muestras retenidas.
- ✓ Horno de secado (110 ± 5 °C): Para secar la muestra antes del ensayo.

2.1.2.2. Ensayos de límites de Atterberg ASTM D4318

Consisten en determinar los límites de consistencia del suelo fino (limos y arcillas) mediante tres parámetros fundamentales:

- ✓ Límite líquido (LL): contenido de humedad a partir del cual el suelo pasa de estado plástico a líquido.
- ✓ Límite plástico (PL): contenido de humedad al cual el suelo pasa de estado semisólido a plástico.
- ✓ Índice de plasticidad (IP): rango de humedad en el cual el suelo se comporta plásticamente.

Tabla 2.5

Resumen de métodos utilizados norma ASTM D4318

Ensayo	Determina	Método principal	Resultado clave
Límite líquido (LL)	Transición líquido-plástico	Casagrande	Curva de flujo (25 golpes)
Límite plástico (PL)	Transición plástico-semisólido	Rodillo de vidrio	agrietamiento
Índice de plasticidad (IP)	Rango de plasticidad	Cálculo	$IP = LL - PL$

Fuente: norma ASTM D4318

Materiales necesarios:

- ✓ Dispositivo de Casagrande: Copa metálica que cae desde una altura de 1 cm para determinar el límite líquido.
- ✓ Espátula mecánica: Para nivelar y cortar la muestra en la copa.
- ✓ Balanza de precisión (0.01 g): Para determinar el contenido de humedad.
- ✓ Tamiz N° 40 (0.425 mm): Para preparar la fracción del suelo a ensayar.
- ✓ Cápsulas de aluminio: Para secar las muestras y determinar humedad.
- ✓ Horno de secado (110 ± 5 °C): Para secar la muestra antes del ensayo.

Tabla 2.6*Interpretación y clasificación de suelos*

IP	LL	Clasificación típica	Tipo de suelo
IP < 4	LL < 30	ML	Limo de baja plasticidad
4 < IP < 7	LL < 35	CL-ML	Suelo limoso o arcilloso intermedio
7 < IP < 17	LL < 50	CL	Arcilla de baja plasticidad
IP > 17	LL > 50	CH	Arcilla de alta plasticidad
IP < 10	LL > 50	MH	Limo de alta plasticidad

Fuente: norma ASTM D4318

2.1.2.3. Ensayos de permeabilidad “in situ” norma ASTM D6391

Para determinar el coeficiente de permeabilidad (K) del suelo natural, utilizamos el principio de flujo laminar bajo carga constante, con el fin de evaluar la capacidad del terreno para transmitir agua subterránea. Este parámetro es esencial para el diseño hidráulico de galerías filtrantes, pozos de drenaje, cimentaciones permeables y sistemas de captación. Cuyo ensayo se basa en la Ley de Darcy, que establece que el caudal de agua que fluye a través de un medio poroso saturado es proporcional al gradiente hidráulico y al área transversal. Véase la ec:2.1.

$$K = \frac{Q * L}{A * h * t}$$

Ec. (2.1)

Donde:

- ✓ K = Coeficiente de permeabilidad (m/s o cm/s)
- ✓ Q = Volumen de agua infiltrada (cm³)
- ✓ L = Longitud efectiva del flujo (cm)
- ✓ A = Área de infiltración (cm²), A=πDh para pozos cilíndricos
- ✓ h = Carga hidráulica (cm)
- ✓ t = Tiempo de medición (s)

Generalmente el ensayo es aplicable a suelos granulares saturados (arenas y gravas) con flujo libre y uniforme. Adecuado para zonas donde el nivel freático es poco profundo o donde se desea conocer la conductividad hidráulica natural del terreno. No recomendable para suelos con alto contenido de finos (más del 10% pasante del tamiz N°200).

2.1.2.4. Ensayos de permeabilidad en laboratorio ASTM D2434

El ensayo es muy importante para determinar el coeficiente de permeabilidad (K) de un suelo granular, bajo condiciones de flujo laminar y carga constante, simulando el paso del agua a través del suelo saturado. Este ensayo mide la velocidad con que el agua fluye a través de una muestra de suelo confinada en un permeámetro, bajo una diferencia de carga hidráulica constante.

El coeficiente de permeabilidad se calcula con la ecuación:

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot h \cdot t}$$

Ec. (2.2)

Donde:

- ✓ Q: volumen (cm³ o m³)
- ✓ L: longitud de la muestra (cm o m)
- ✓ A: área transversal (cm² o m²)
- ✓ h: diferencia de carga (cm o m)
- ✓ t: tiempo (s)

El valor de **K** se expresa generalmente en **m/s** o **cm/s**.

Tabla 2.7

Interpretación de permeabilidad in situ y a carga constante

Tipo de suelo	Permeabilidad (cm/s)	Clasificación
Grava limpia	$10^0 - 10^{-2}$	Muy permeable
Arena gruesa	$10^{-2} - 10^{-3}$	Alta
Arena fina	$10^{-3} - 10^{-4}$	Media
Limo	$10^{-5} - 10^{-6}$	Baja
Arcilla	$< 10^{-6}$	Muy baja

Fuente: norma ASTM D2434

2.1.3. Monitoreo del nivel freático y procedimientos previos

2.1.3.1. Procedimientos previos (Levantamiento topográfico)

En realidad, un levantamiento topográfico consiste en un acopio de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje el mayor detalle y exactitud posible del terreno en cuestión. Además de ser vital para la elaboración del plano del terreno, el levantamiento

topográfico es una herramienta muy importante durante los trabajos de edificación porque con ellos se van poniendo las marcas en el terreno que sirven como guía la construcción.

La Ley N° 2997 tiene por objeto regular el ejercicio de la profesión de Topógrafo en Bolivia, definiendo sus competencias, atribuciones, requisitos y ámbito de aplicación. En esencia, todo levantamiento topográfico o geodésico, incluido aquel que utilice drones o tecnología fotogramétrica, debe ser dirigido o supervisado por un profesional topógrafo legalmente habilitado.

Figura 2.1

Representación topográfica mediante curvas de nivel



Representación de curvas de nivel en un plano; <http://webdelprofesor.ula.ve/>

Los trazados de curvas de nivel se realizan tradicionalmente por interpolación entre los puntos topográficos representado en un plano acotado. Hace tan solo unos años, era este un trabajo tedioso que solía realizarse de forma manual, en la actualidad gracias a los ordenadores y a la gran cantidad de programas existentes, es posible generar un plano topográfico con curvas de nivel.

2.1.3.2. Normas y guías para mediciones de nivel freático

La norma ASTM D4750 establece el método estándar para medir el nivel de líquido subterráneo (nivel freático) en pozos o perforaciones de observación, utilizando equipos eléctricos o mecánicos. También se utilizaron guías como: (UNATSABAR) manual de diseño de galerías filtrantes.

2.1.3.3. Recolección de datos

En la recolección de datos de niveles freáticos y piezométricos se pueden utilizar las siguientes alternativas en forma individual y/o complementaria, dependiendo de las características del estudio en marcha. Las observaciones se pueden hacer en:

- ✓ Pozos existentes
- ✓ Superficies de agua libre (lagos, ríos, canales, drenes, pantanos, vertientes, etc.)
- ✓ Tubos de observación especialmente instalados para tal propósito
- ✓ piezómetros.

2.1.3.4. Instalación de pozos de observación

En adición a los pozos y superficies de agua libre existentes, frecuentemente es necesaria la construcción de estructuras especiales para medir la profundidad del agua subterránea, ubicados en puntos estratégicos dentro y fuera del área del proyecto. Estos pueden ser pozos de observación.

a) Pozos de observación

Un pozo de observación consiste en una perforación construida en el suelo, generalmente mediante un barreno agrológico, hasta una profundidad tal que exceda el nivel freático mínimo esperado. El pozo así construido puede ser entubado o no entubado (Figura 2.2.).

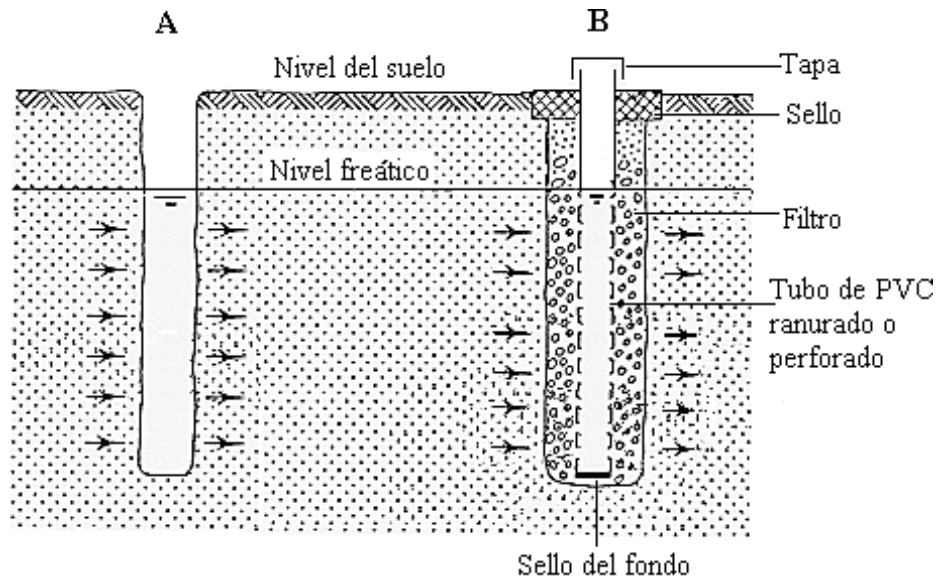
Pozos no entubados pueden emplearse exitosamente en suelos cuya estabilidad es suficientemente grande como para impedir que colapse. Asimismo, estos pozos son una forma barata de medir los niveles freáticos en una primera etapa (estudio preliminar) cuando sólo se requiere una información general acerca de la profundidad del agua.

Un pozo de observación entubado para monitorear el nivel freático es una estructura diseñada para medir y observar el nivel del agua subterránea en un área específica. Estos pozos son esenciales para estudios hidrogeológicos, gestión de recursos hídricos, control de calidad del agua y proyectos de construcción.

Cuando se trabaja en suelos inestables (arenas) es necesario recurrir a un entubamiento temporal del pozo de observación. Esto generalmente se logra con tubería de PVC 3 pulgadas como máximo, debidamente ranuradas o perforadas en sus paredes, selladas en el fondo y rodeados de un material altamente permeable (grava, chancado y/o geotextil).

Figura 2.2

Esquema técnico de pozos de observación



Pozos de observación del nivel freático a) no entubado y b) entubado; NR 25848

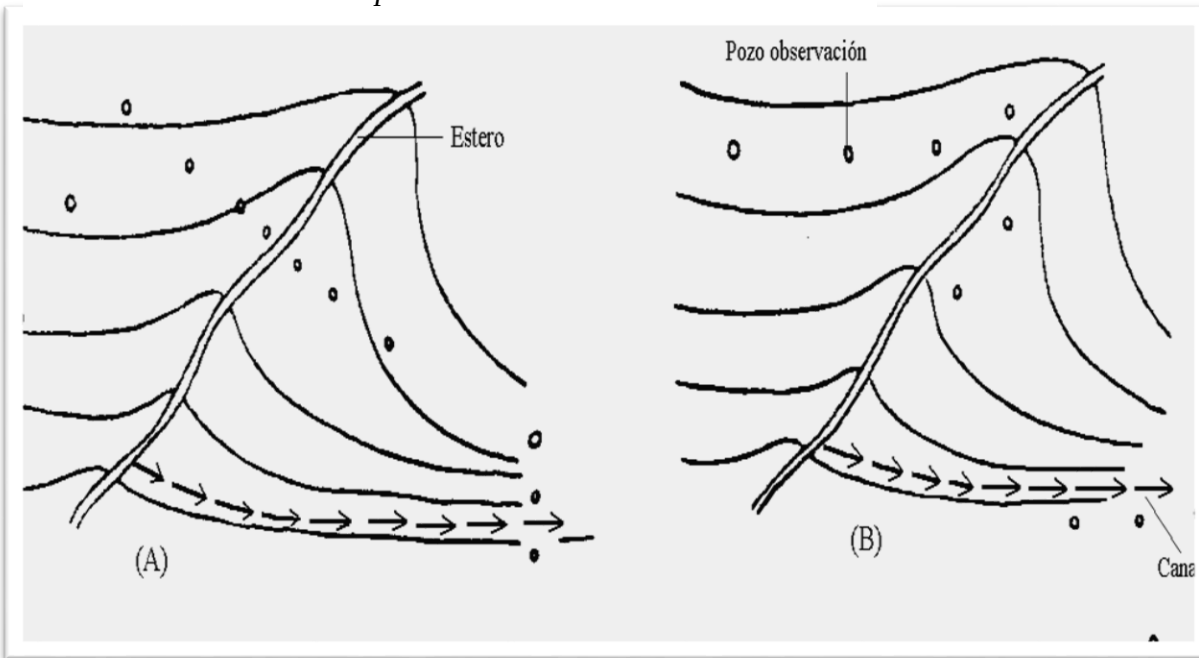
2.1.3.5. Disposición

Sin caer en una extrema rigurosidad geométrica, que pueda conducir a la instalación de pozos en lugares inadecuados o que no interesan desde el punto de vista del estudio que se está ejecutando, parece recomendable instalarlos con una cierta regularidad como se muestra en la (figura 2.2). Más importante que todo, conviene que su ubicación sea realmente de acuerdo a lo que se pretende medir, que tengan fácil acceso y que, al mismo tiempo, posibiliten el trazado de perfiles longitudinales y transversales. Por lo tanto, se recomienda que éstos sean instalados considerando los siguientes criterios básicos:

- ✓ Paralelo y perpendicularmente a la dirección del flujo esperado.
- ✓ En lugares donde puede esperarse un cambio en la pendiente del nivel freático.
- ✓ En áreas donde pueden ocurrir significativos cambios en la elevación del nivel freático.
- ✓ Paralelo y perpendicularmente (en distribución tipo logarítmica) con respecto a cauces naturales (ríos, esteros) o artificiales (canales, embalses).
- ✓ En áreas donde existen o existirán altos niveles freáticos.
- ✓ A lo largo y perpendicularmente a los límites del área del proyecto.

Figura 2.3

Distribución de una red de pozos de observación



Red de pozos de observación a) correcta b) incorrecta; NR 25848

2.1.3.6. Densidad

En relación a la densidad de puntos dentro de la red, no existen reglas estrictas al respecto en atención a que esto depende enteramente de las condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas del área y del nivel de estudio que se está realizando (preliminar o anteproyecto definitivo). Como la precisión requerida es por lo general inversamente proporcional al tamaño del área, la siguiente relación puede servir como guía.

Tabla 2.8

Numero de observaciones por unidad de superficie (OOSTERBAAN 1988)

<i>Tamaño área Bajo estudio (ha)</i>	<i>N° puntos observación</i>	<i>N° puntos paracada 100 has</i>
10	10	100
100	20	20
1000	50	5

Numero de observaciones por unidad de superficie (OOSTERBAAN 1988); NR 25848

2.1.3.7. Profundidad

La profundidad de los pozos de observación dependerá de los niveles mínimos que alcanza el agua subterránea. Esto asegurará que los pozos no se sequen durante la temporada estival y que en lo posible las lecturas puedan realizarse durante todo el año.

Los niveles mínimos del agua freática pueden estimarse a partir de los estudios geológicos o agrológicos, si estos últimos se han realizado a mayor profundidad que la usual. Sin embargo, observaciones a profundidades mayores de 3 metros raramente son necesarias en áreas planas en atención a que la profundidad de los drenes agrícolas, sólo en casos muy especiales, superan los 2 metros. En caso de terrenos de topografía ondulada es posible que se requieran pozos de observación a mayor profundidad con el propósito de tener un panorama más completo acerca del comportamiento del agua subterránea.

2.1.3.8. Lectura

Cada una de las lecturas del nivel del agua que se realicen en un pozo de observación o piezómetro debe hacerse a partir de un nivel de referencia. En el caso de pozos de observación no entubados el nivel de referencia coincide con la cota del terreno del pozo. En el caso de pozos entubados y piezómetros, el nivel de referencia corresponde al extremo superior del tubo, el cual a su vez está referido a la cota del terreno puesto que se conoce la distancia que hay entre el suelo y el borde del tubo.

Las lecturas pueden realizarse con equipos simples y fáciles de confeccionar. Generalmente se emplean cintas mojables, sondas acústicas o sondas eléctricas. En las figuras 3.5. se muestran algunos de estos tipos de sondas.

Figura 2.4

Diagrama de sondas para medición del nivel de agua

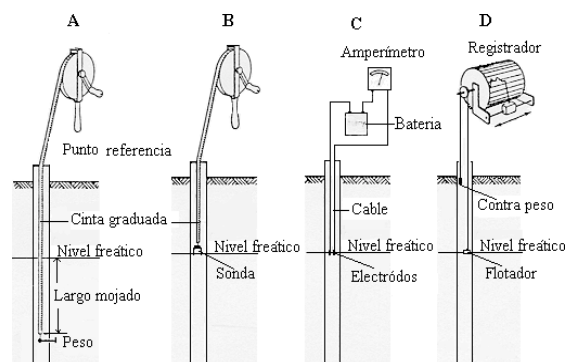


Diagrama de sondas para la lectura del nivel de agua en pozos; NR 25848

2.1.3.9. Frecuencia de lecturas

Con fines de diseño es suficiente hacer lecturas dos veces al mes. Para estudiar casos particulares (efecto de las lluvias, ríos, riegos, etc.) la frecuencia requerida puede ser incluso diaria.

Cada pozo debe tener su propio registro de información donde deben contemplarse al menos los siguientes datos: fechas de la observación, profundidad del agua desde el nivel de referencia, profundidad del agua bajo el nivel del suelo, cota del nivel del agua con respecto al punto de referencia del levantamiento planialtimétrico.

2.1.3.10. Procesamiento de datos y uso de hidrogramas

Antes de sacar cualquier conclusión sobre la causa, extensión y/o severidad del problema del área en estudio, todos los datos de terreno, incluyendo niveles freáticos piezométricos, calidad del agua, etc. deben ser procesados de alguna forma que permitan su correcta interpretación y, al mismo tiempo, que a partir de ellos se pueda extraer la mayor información posible.

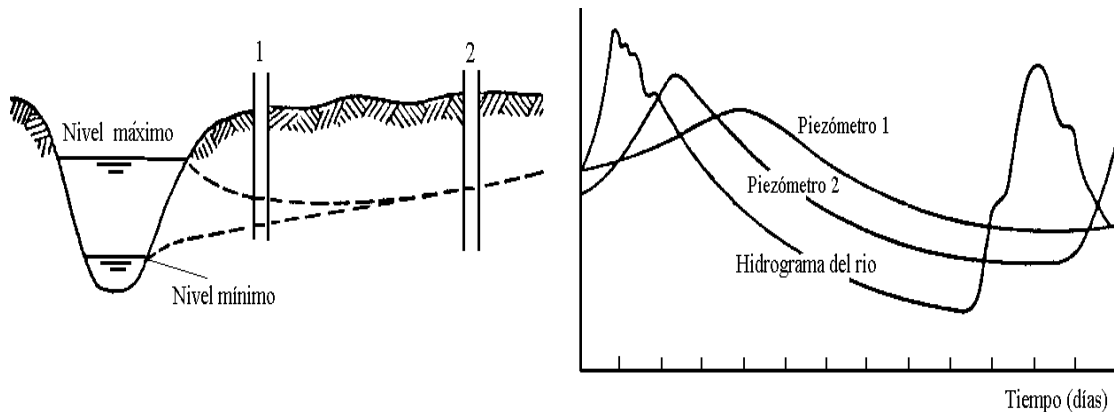
Un hidrograma es entonces un gráfico que muestra las variaciones de este almacenamiento, relacionando la forma de profundidad (o altura) del nivel freático o piezométrico, versus el tiempo (Figura 2.5). Son herramientas fundamentales en hidrología y gestión del agua, ya que proporcionan información crucial sobre el comportamiento de los ríos y arroyos en respuesta a factores como la precipitación, la temperatura y las características de la cuenca hidrográfica. Estos gráficos son utilizados por hidrólogos, ingenieros civiles, ambientales y otros profesionales para comprender mejor el ciclo hidrológico.

Para obras de captación es importante conocer las razones o causas de la elevación y particularmente, la disminución del nivel freático. Cuando no existe recarga, la disminución del nivel freático depende de: a) la transmisividad (es decir, el producto de conductividad hidráulica por la profundidad del acuífero) del estrato conductor de aguas; b) el coeficiente de almacenamiento del suelo, y c) el gradiente hidráulico.

Aunque los efectos de las lluvias sobre el nivel freático son generalmente bastante evidentes, no siempre es posible obtener una conclusión muy precisa o exacta debido a: Las diferencias en la porosidad efectiva de los estratos, dentro de las cuales, fluctúa el agua subterránea, lo cual, crea elevaciones o depresiones del nivel freático en forma desigual. La parte de la precipitación puede que nunca llegue a alcanzar el nivel freático, porque, puede ser evapotranspirada, almacenada o escurrir libremente por la superficie del suelo.

Figura 2.5

Variación del nivel de agua subterránea



Influencia de los cambios del nivel de agua en un río sobre el terreno adyacente; NR 25848

2.1.4. Aspectos importantes a tomar en cuenta para el diseño hidráulico y estructural

2.1.4.1. Generalidades

La hidrología trata del movimiento del agua dulce en los acuíferos que son estratos porosos por donde el agua circula. La base o el fondo del acuífero es un estrato impermeable, por lo que es posible que existan acuíferos de varios “pisos”. Según sus características hidráulicas, existen dos tipos de acuíferos: acuíferos libres, donde de algún modo la napa freática está en contacto con el aire, y acuíferos confinados donde el espacio poroso está confinado por estratos impermeables.

Desde tiempos antiguos se han utilizado pozos excavados, pozos perforados y galerías filtrantes en el aprovechamiento del agua subterránea. La excavación de pozos es una labor lenta y pesada, son de bajo caudal de explotación a causa de su limitada penetración en el acuífero y normalmente, está compuesto por un hoyo de aproximadamente un metro de diámetro.

La habilitación de pozos perforados se caracteriza por su construcción desde la superficie, y el uso de herramientas pesadas permite alcanzar grandes profundidades y, por lo tanto, la penetración completa de los acuíferos. La instalación de bombas sumergibles facilita la extracción de caudales importantes para el abastecimiento de agua.

2.1.4.2. Investigaciones y normas utilizadas

Para el diseño del presente proyecto, se emplearon normativas y manuales de diseño, cabe mencionar una de las más relevantes: “Manual de Diseño de Galerías Filtrantes”, documento elaborado por el CEPIS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente,

una División de Salud y Ambiente de la Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, en Lima, Perú. Cuya función principal es de apoyar a los países de América Latina y el Caribe en la solución de problemas ambientales que amenazan la salud humana, principalmente en materia de abastecimiento de agua y saneamiento, tratamiento, reutilización de aguas residuales, gestión de residuos domésticos peligrosos, entre otros.

Se consultaron también normas locales, como La Norma Boliviana NB 689, titulada "Instalaciones de Agua: Diseño para Sistemas de Agua Potable", incluye lineamientos técnicos para la construcción y operación de galerías filtrantes. Así también normas técnicas como: PRONAR (Programa Nacional de Riego) en Bolivia fue establecido para mejorar la gestión de recursos hídricos y aumentar la productividad agrícola mediante el desarrollo de infraestructura de riego sostenible.

2.1.4.3. Hidrología

La hidrología estudia las aguas que se encuentran en las capas superiores de la corteza terrestre, se estimada que existe $1,384 \text{ E6 km}^3$, se encuentran en los océanos 97,4% q corresponde a $27,8 \text{ E6 km}^3$ están en los casquetes polares y nevados 2,0%, mientras que los ríos, los lagos y el agua subterránea están compuestos por solamente $8,3 \text{ E6 km}^3$ 0,6%.

La mayor parte del agua evaporada hacia la atmósfera proviene de los océanos, y otra parte, no menos importante, de los lagos, ríos y de la capa superficial del suelo. La evapotranspiración de las plantas también constituye una importante fuente de contribución. Los científicos calculan que cada año se evaporan de los océanos y de las áreas continentales unos 300 km^3 de agua.

2.1.4.4. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico, también conocido como ciclo del agua, describe el movimiento continuo y cíclico del agua en la Tierra, involucrando los procesos de evaporación, condensación, precipitación, infiltración, escorrentía superficial, transpiración y almacenamiento en diferentes formas, como hielo, nieve, vapor de agua y líquido. Aquí hay una breve descripción de las etapas clave del ciclo hidrológico:

a) Evaporación

El agua de superficies como océanos, ríos y lagos se convierte en vapor de agua debido al calor del sol.

b) Condensación

El vapor de agua se eleva en la atmósfera y se enfría, formando nubes.

c) Precipitación

Las gotas de agua en las nubes se agrupan y caen a la Tierra en forma de lluvia, nieve, granizo o aguanieve.

d) Infiltración

El agua que cae al suelo puede infiltrarse en el suelo, recargando los acuíferos.

e) Escurrimiento superficial

El agua que no se infiltra puede moverse sobre la superficie del suelo hacia ríos y arroyos.

f) Almacenamiento

Parte del agua precipitada o derretida puede almacenarse temporalmente en forma de nieve en glaciares o en cuerpos de agua.

g) Transpiración

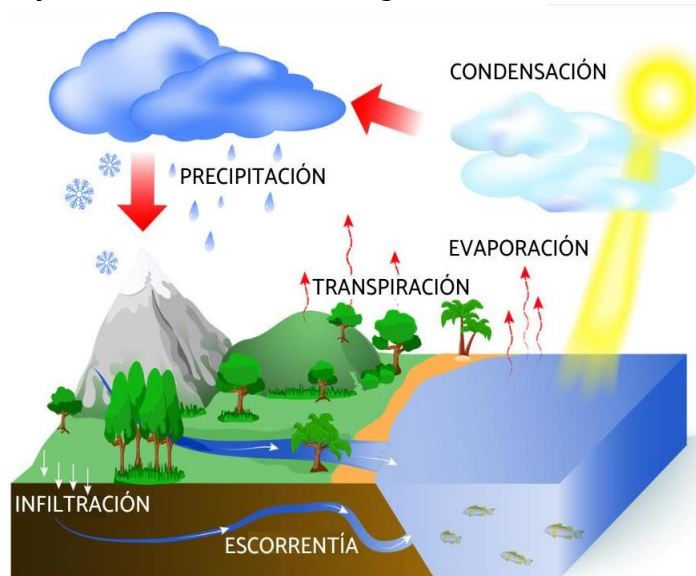
Las plantas absorben agua del suelo a través de sus raíces y la liberan a la atmósfera en forma de vapor de agua.

h) Sublimación y Fusión

El hielo puede pasar directamente de sólido a vapor (sublimación) o de sólido a líquido (fusión).

Figura 2.6

Representación esquemática del ciclo hidrológico



Proceso del ciclo hidrológico; <https://www.bioenciclopedia.com>

Sin embargo, el hombre con su accionar afecta algunos de los componentes del ciclo hidrológico a través de la regulación de los ríos o la construcción de presas, canales y otros tipos de obras hidráulicas, así como por la construcción de carreteras, autopistas y ciudades, que alteran el escurrimiento natural, al obstruir el proceso de infiltración del agua en el suelo.

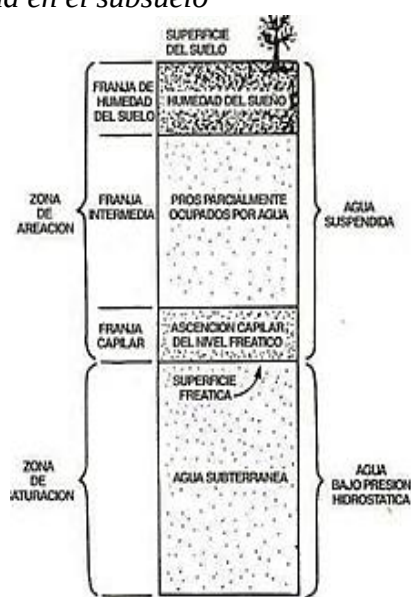
2.1.4.5. Distribución vertical de las aguas subterráneas

A mayor o menor profundidad, todos los materiales de la corteza terrestre son porosos. Se acostumbra denominar a esta parte zona porosa o de fracturación, y los poros o fracturas pueden encontrarse parcial o totalmente saturados de agua.

El estrato superior, en donde los poros y las fracturas están parcialmente ocupadas de agua, se denomina “zona de aeración” y el que se encuentra por debajo están completamente llenas de agua y se la conoce como “zona de saturación” (ver figura 2.7).

Figura 2.7

Distribución vertical del agua en el subsuelo



Zona de aeración y zona de saturación

https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html

2.1.4.6. Zona de aeración

Esta zona presenta intersticios en donde los macro poros contienen aire y los micro poros agua adherida por capilaridad. Luego de una lluvia intensa, esta zona puede saturarse o en su defecto, luego de una prolongada sequía, puede llegar a secarse por completo. Cuando llueve con posterioridad a un período de sequía, las primeras aguas que caen en la superficie del terreno son

retenidas por capilaridad para remplazar a la extraída por las plantas y a la evaporada durante el período de sequía anterior a la lluvia.

La zona de aeración se divide en tres franjas:

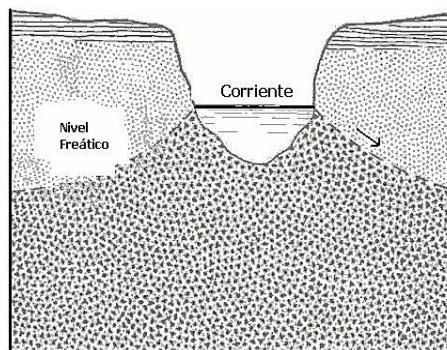
- ✓ húmeda
- ✓ intermedia
- ✓ capilar

2.1.4.7. Zona de saturación

Esta zona está representada por el espacio que ocupa permanentemente el agua. El nivel de agua en la zona de saturación tiende a permanecer plana, aunque puntualmente puede presentar inflexiones debidas a la extracción del agua por bombeo, a la recarga artificial, o al drenaje desde o hacia los ríos, etc., llegando en algunos lugares a estar el nivel de agua por encima de la superficie terrestre, tal como sucede en ocasiones con lagos y ríos conectados directamente al acuífero (ver figuras 2.8 y 2.9).

Figura 2.8

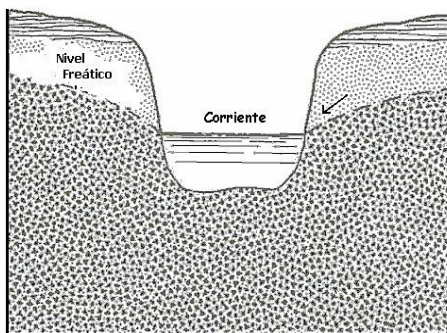
Condiciones superficiales del terreno



Recarga de acuífero; OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

Figura 2.9

Condiciones de la superficie freática.



Cuerpo de agua; OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

El agua contenida en la zona de saturación es la única que puede ser denominada con propiedad como agua subterránea. La zona de saturación podría asimilarse a un gran embalse natural cuya capacidad total es equivalente al volumen de los poros y aberturas que se encuentran llenos de agua. El espesor de la zona de saturación es muy variable y está definido por la geología local, el tamaño de los poros o intersticios, la recarga y la velocidad de desplazamiento del agua desde la zona de recarga hasta la zona de descarga.

2.1.4.8. Acuíferos

La palabra acuífero proviene del latín y significa que lleva agua. Un acuífero es una formación geológica subterránea capaz de almacenar y transmitir agua en cantidades significativas. Estos cuerpos de agua subterránea son esenciales para la disponibilidad de agua dulce y desempeñan un papel crucial en la hidrología y la gestión sostenible de los recursos hídricos

2.1.4.9. Tipos de acuíferos

En ciertos acuíferos, el agua subterránea se manifiesta bajo condiciones freáticas, es decir, la zona saturada está expuesta a la presión atmosférica, como si estuviera contenida en un recipiente abierto. Otro término aplicado a estos tipos de acuíferos es acuífero no confinado o agua subterránea libre y cuando el agua se encuentra confinada por dos estratos impermeables, se le denomina artesiano. En el caso de los acuíferos freático, la presión hidrostática equivale a la profundidad que media desde la superficie libre del acuífero hasta un punto determinado dentro de él. De esta manera, cuando se perfora un pozo dentro de un acuífero freático, el nivel estático de agua dentro del pozo se halla a la misma elevación que el nivel freático, por lo que resulta ser de mayor interés para la construcción de galerías de filtración.

2.1.4.10. Propiedades del acuífero

2.1.4.10.1. Porosidad

La porosidad en suelos se refiere a la proporción de espacios vacíos o poros presentes en el suelo en relación con el volumen total del suelo. Estos poros pueden contener agua, aire u otros gases, y su presencia es esencial para el buen desarrollo de las plantas y otros organismos del suelo.

2.1.4.10.2. Conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad

El coeficiente de permeabilidad, a menudo denotado por la letra k , es una propiedad hidráulica de un material que describe su capacidad para permitir el flujo de agua a través de él. La

ley de Darcy, que describe el flujo de agua a través de medios porosos, relaciona el coeficiente de permeabilidad con la velocidad y el gradiente hidráulico. La ecuación general es:

$$V = \frac{k_f (h_1 - h_2)}{l} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde:

V = velocidad de flujo (m/d)

$h_1 - h_2$ = diferencia de cargas hidrostáticas (m)

l = distancia a lo largo de la trayectoria del flujo (m)

k_f = constante de conductividad hidráulica del flujo (m/d)

Por lo tanto, la conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad, es la facilidad con la que un material permite el paso del agua a través de él, y se define como el volumen de agua que escurre a través de un área unitaria de un acuífero bajo una gradiente unitaria y por unidad de tiempo.

2.1.4.10.3. Coeficiente de transmisividad

El coeficiente de transmisividad es una propiedad hidráulica de un medio poroso, como un acuífero o un suelo, que describe su capacidad para transmitir el flujo de agua. Este coeficiente es esencial en la hidrogeología y la hidrología para comprender cómo el agua se mueve a través de los estratos.

$$T = k_f \cdot h_a \quad \text{Ec.(2.2)}$$

Donde:

T = transmisividad (m^2/d)

k_f = permeabilidad (m/d)

h_a = espesor acuífero (m)

2.1.4.10.4. Coeficiente de almacenamiento

Es una propiedad hidrogeológica que describe la capacidad de un acuífero para almacenar agua. Este coeficiente es crucial en la hidrogeología y la modelización de acuíferos, ya que influye en cómo el nivel del agua en un acuífero responde a cambios en la recarga y descarga.

2.1.4.10.5. Caudal o gasto específico

El caudal se refiere a la cantidad de fluido (generalmente agua) que fluye a través de un conducto o sistema en un período de tiempo determinado. Es una medida de la cantidad de volumen

de fluido que pasa por un punto específico en una tubería, río, canal u otro tipo de conducto en una unidad de tiempo. Usualmente se expresa en $\text{m}^3/\text{d}-\text{m}$ o en $\text{l/s}-\text{m}$.

$$q = Q / s \quad \text{Ec. (2.3)}$$

Donde:

$$q = \text{Caudal específico (m}^3/\text{d}-\text{m)}$$

$$Q = \text{Caudal de bombeo (m}^3/\text{d)}$$

$$s = \text{Descenso del nivel de las aguas (m)}$$

2.1.4.10.6. Gradiente hidráulico

Es la pendiente de la superficie piezométrica en el acuífero y se determina por la relación de la diferencia de niveles entre dos puntos y la distancia entre ellos.

$$i = \frac{(h_1 - h_2)}{l} \quad \text{Ec. (2.4)}$$

la velocidad del flujo también puede ser expresada como: $V = k_f \cdot i$

2.1.4.10.7. Radio de influencia

Es la distancia alrededor de la obra de captación hasta donde llegan a ocurrir descensos en el nivel de agua cuando se realiza el bombeo.

2.1.4.11. Galerías

Las galerías filtrantes son estructuras subterráneas diseñadas para captar agua subterránea al interceptar el flujo de agua en zonas de recarga. Estas galerías permiten la entrada controlada de agua al subsuelo, donde puede recargar acuíferos y mantener el equilibrio del recurso hídrico subterráneo. Estas estructuras son particularmente útiles en la recarga artificial de acuíferos o en la gestión sostenible de recursos hídricos.

2.1.4.12. Utilización de las galerías

Las captaciones más antiguas fueron pozos excavados, galerías o kanats realizados por lo general en materiales no consolidados por permitirlo los medios constructivos disponibles por entonces, como eran picos y palas. En muchas regiones del mundo, donde la mano de obra es barata, aun se siguen excavando pozos y galerías de la misma forma que hace 3.000 ó 4.000 años. Proporcionan agua de buena calidad sin necesidad de tratamientos complejos, ya que la filtración natural elimina muchas impurezas.

2.1.4.13. Ventajas de las galerías construidas en materiales no consolidados

La construcción de galerías filtrantes en materiales no consolidados, como suelos no cohesivos o depósitos aluviales, puede presentar varias ventajas en comparación con otros tipos de sustratos geológicos más consolidados. Aquí se presentan algunas de las posibles ventajas:

- ✓ Fáciles de excavar o perforar.
- ✓ Posición favorable para recibir la recarga de los ríos y lagos al estar ubicados normalmente en el fondo de los valles que frecuentemente corresponden a zonas planas con niveles piezométricos muy próximos a la superficie.
- ✓ Suelos con alta porosidad efectiva, permiten disponer de mayor cantidad de agua subterránea.
- ✓ Permeabilidad más elevada con respecto a otras formaciones, lo que facilita el desplazamiento del agua.
- ✓ Disponibilidad de agua en períodos de escasas lluvias, cuando el caudal de los ríos es mínimo o nulo, al permitir que las aguas subterráneas circulen por el material aluvial que conforma el valle del río, mientras que, en período lluvioso, el caudal superficial del río recarga el acuífero incrementando la disponibilidad de los recursos hídricos.

2.1.4.14. Clasificación de las galerías

2.1.4.14.1. Según características constructivas

a) Galerías propiamente dichas

Las galerías filtrantes son construcciones subterráneas que suelen consistir en zanjas o excavaciones llenas de material filtrante, como grava o arena. Estos materiales facilitan la entrada controlada de agua superficial al suelo, permitiendo la filtración. Usualmente las secciones son de 1,80 x 0,80 m, con pendientes del piso comprendidas entre uno y diez por mil.

b) Zanjas o trincheras

Se trata de excavaciones lineales y alargadas en el suelo. Las zanjas son similares a canales poco profundos que se construyen en la dirección del flujo de agua. La construcción de zanjas es relativamente sencilla y no requiere maquinaria compleja, lo que puede reducir costos. Pueden adaptarse a diferentes tipos de terreno y necesidades, desde drenaje básico hasta complejos.

c) Drenes

Están compuestos por perforaciones horizontales o excavaciones de zanja en cuyo interior o fondo se instalan tuberías perforadas o ranuradas conocidas como drenes. Estos drenes se instalan en la zona húmeda del acuífero y se encuentran cubiertos con material seleccionado para garantizar un adecuado rendimiento.

d) Captaciones mixtas

Las galerías propiamente dichas y los drenes pueden combinarse con las captaciones verticales, dando como resultado captaciones del tipo mixto representadas por los pozos radiales, que se ejecutan cuando el nivel de las aguas subterráneas se encuentra a mucha profundidad y hace económicamente inviable.

2.1.4.14.2. Según características del acuífero

Según las características del acuífero pueden existir condiciones de equilibrio y desequilibrio. Las condiciones de equilibrio se presentan cuando, después de un cierto tiempo, se produce la estabilización de la velocidad de escurrimiento y del nivel de depresión de la napa de agua. Las condiciones de desequilibrio no permiten la estabilización del escurrimiento, conduciendo a que la depresión en el nivel de agua aumente con el tiempo y las velocidades de escurrimiento disminuyan también en este tiempo.

a) Galerías que comprometen todo el espesor del acuífero

Son estructuras subterráneas diseñadas para la captación de agua subterránea a lo largo de todo el espesor del acuífero. Estas galerías suelen ser excavadas en zonas estratégicas dentro del acuífero para permitir la captación eficiente del agua presente en él.

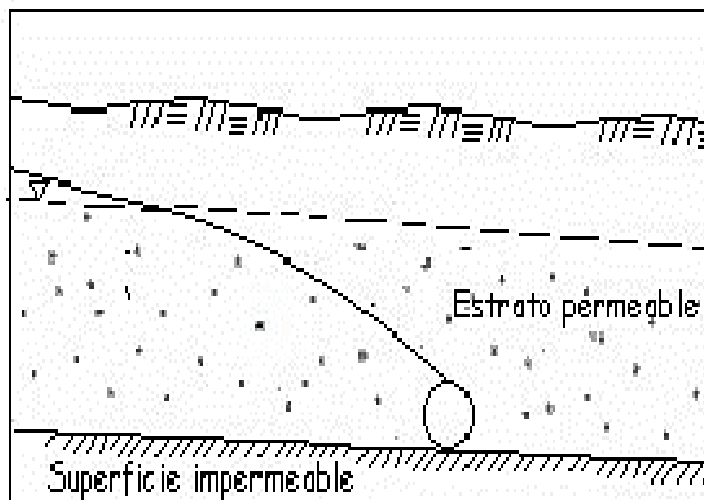
Esta situación se da en acuíferos de poco espesor, en los que la galería de filtración se ubica en la parte inferior del acuífero, es decir en el estrato impermeable. Las galerías pueden ser de dos tipos:

✓ Galerías en acuífero con escurrimiento propio:

Considera que la masa de agua se desplaza en un solo sentido a través del estrato permeable y es interceptada por la galería (ver figura 2.10).

Figura 2.10

Galería con escurrimiento propio

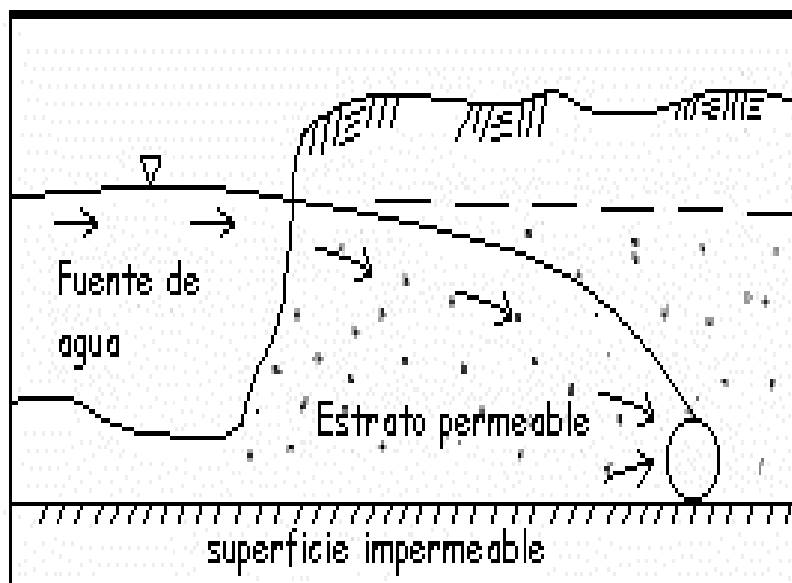


Galería que compromete todo el espesor del acuífero con escurrimiento propio
OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

- ✓ **Galerías en acuífero con recarga superficial:** El concepto es similar al anterior, a excepción que el agua de recarga o de reposición es suministrada por un curso o cuerpo de agua superficial (ver figura 2.11).

Figura 2.11

Galería con recarga superficial



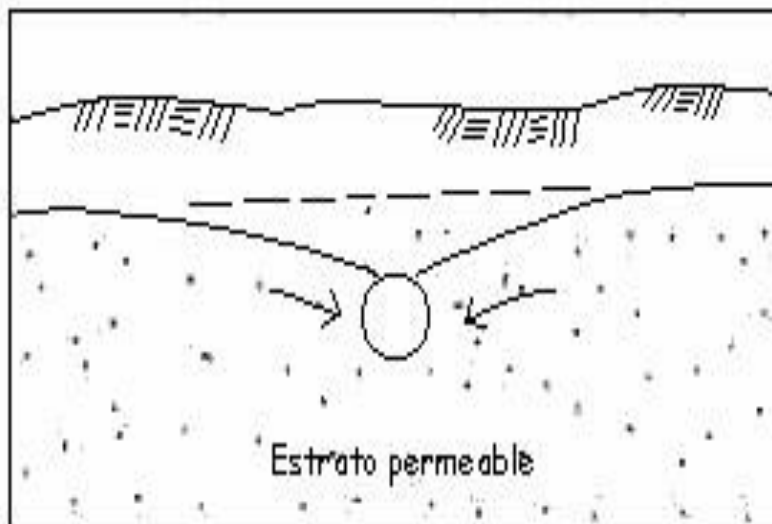
Galería que comprometen todo el espesor del acuífero con recarga superficial
OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

b) Galerías que comprometen la parte superior del acuífero

- ✓ **Galerías en acuífero con escurrimiento propio:** La galería recolecta los escurrimientos propios del acuífero por ambas caras del dren (ver figura 2.12).

Figura 2.12

Galerías que comprometen la parte superior del acuífero con escurrimiento propio

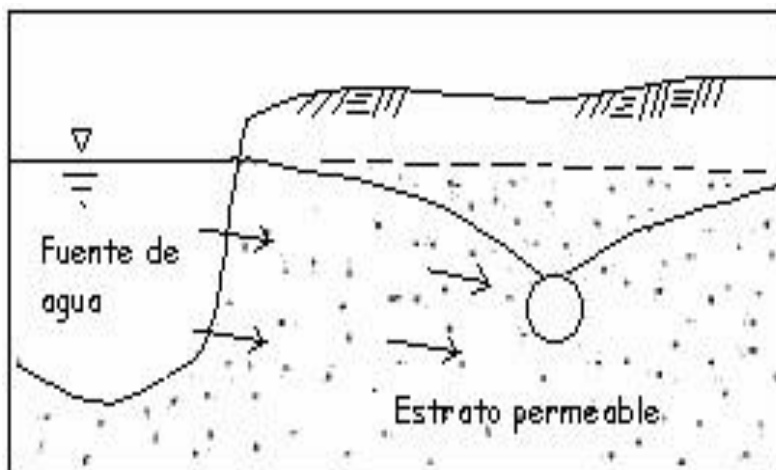


OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

- ✓ **Galerías en acuífero con recarga superficial:** La galería recolecta los escurrimientos tanto del acuífero propiamente dicho como del agua proveniente de un curso o cuerpo superficial (ver figura 2.13).

Figura 2.13

Galerías que comprometen la parte superior del acuífero con recarga superficial



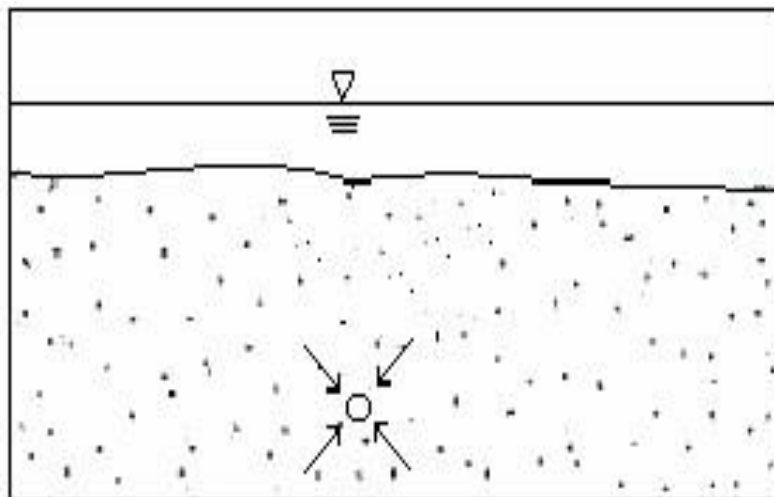
OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

c) Galerías en acuíferos con recarga superficial

- ✓ **Galerías en acuífero de gran espesor:** El estrato impermeable se encuentra ubicado a gran profundidad con respecto al lugar donde se encuentra ubicada la galería (ver figura 2.14).

Figura 2.14

Galerías en acuíferos con recarga superficial de gran espesor

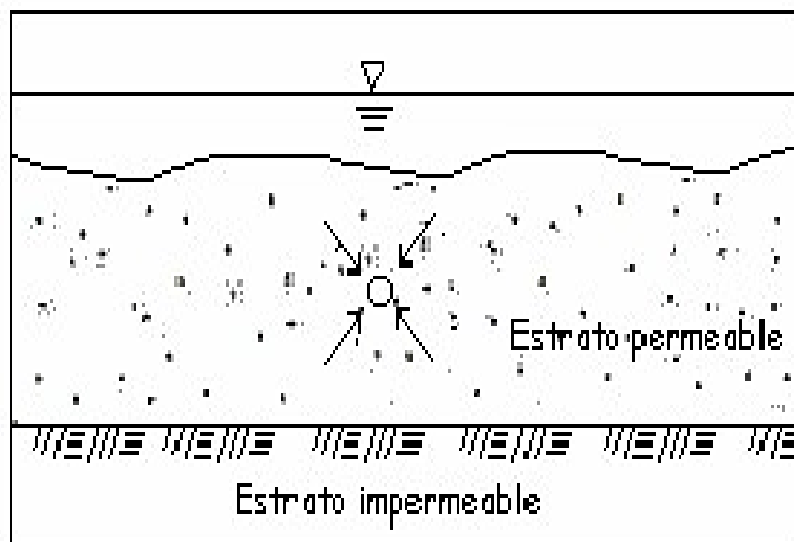


OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

- ✓ **Galerías en acuífero de poco espesor:** El estrato impermeable se encuentra ubicado por debajo del dren (ver figura 2.15).

Figura 2.15

Galerías en acuíferos con recarga superficial y de poco espesor



OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

2.1.4.14.3. Ecuaciones de Cálculo hidráulico para galerías filtrantes

Para el diseño de galerías de filtración se disponen de varios métodos de cálculo: unos deducidos a partir de la ecuación de Dupuit y otros identificados con el apellido del científico que lo desarrolló.

Considerando que el proyectista de pequeñas obras de abastecimiento tiene que diseñar una galería de filtración en base a su experiencia y, por lo general, sin un detallado estudio hidrogeológico, resulta una buena práctica calcular por medio de diferentes métodos, variando los parámetros dentro de un rango razonable de magnitud, para luego seleccionar los resultados más probables. Aunque el procedimiento no parece muy confiable, en muchos casos proporciona buenos resultados para el diseño. El procedimiento de emplear diferentes modelos en el diseño de la galería filtrante, permite al proyectista identificar los parámetros o factores de mayor influencia. Al efecto, en las formulaciones es necesario tener en cuenta las características del acuífero y las características del dren.

Tabla 2.9

Características del acuífero

Parámetros	Símbolos	Dimensiones
Conductividad hidráulica o permeabilidad:	kf	[m/s]
Profundidad del acuífero:	H	[m]
Transmisividad [kf*H]	T	[m ² /s]
Espesor dinámico del acuífero en el punto de observación	Hb	[m]
Espesor dinámico del acuífero en la galería:	Hd	[m]
Pendiente dinámica del acuífero:	i	[m/m]
Porosidad efectiva:	S	[adimensional]
Radio de influencia del abatimiento:	R	[m]
Distancia entre la galería y el pozo de observación	L	[m]
Distancia entre la galería y el punto de recarga:	D	[m]

Parámetros, símbolos y dimensiones que comprende un acuífero
OPS/CEPIS/02.61UNATSABAR

Tabla 2.10*Características físicas del acuífero*

Parámetros	Símbolos	Dimensiones
Radio del dren	r	[m]
Tiempo de extracción del agua de la galería:	t	[s]
Abatimiento de la napa de agua a la altura de la galería	s	[m]
Mínimo tirante de agua encima del lecho del curso o cuerpo de agua	a	[m]
Profundidad del estrato impermeable con respecto a la ubicación del dren	b	[m]
Profundidad de ubicación del dren con respecto al fondo del curso de agua	z	[m]
Carga de la columna de agua sobre el dren	pd	[m]

Parámetros, símbolos y dimensiones que comprende un acuífero
OPS/CEPIS/02.61UNATSABAR

Tabla 2.11*Caudal de explotación*

Parámetros	Símbolos	Dimensiones
Caudal unitario por longitud de dren	q	[m ³ /s-m]
Caudal unitario por área superficial	q'	[m ³ /s-m ²]

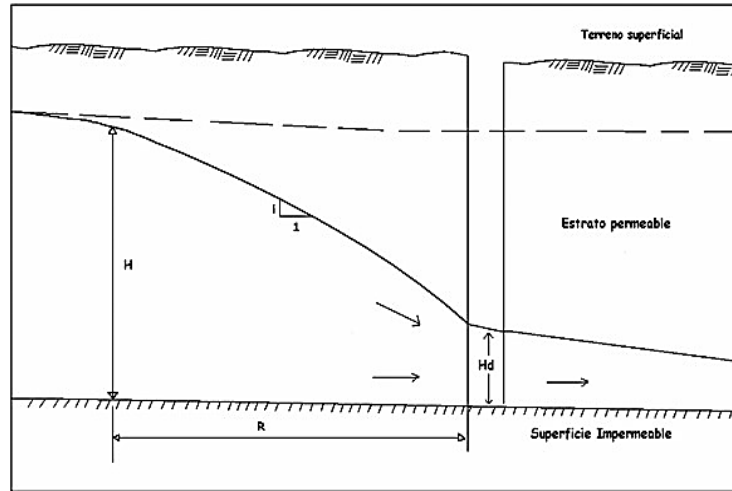
Parámetros, símbolos y dimensiones que comprende un acuífero
OPS/CEPIS/02.61UNATSABAR

2.1.4.14.4. Galerías que comprometen todo el espesor del acuífero

La fórmula presentada por Darcy en 1856 sobre el movimiento del agua subterránea, hizo posible el tratamiento matemático de la hidráulica de los pozos. El supuesto básico es un flujo simétrico hacia una zanja que corta el acuífero hasta el fondo del mismo, es decir, hasta llegar a la capa impermeable; y que las líneas de flujo son horizontales con equipotenciales verticales, y la pendiente de la superficie impermeable que define la parte inferior del acuífero es pequeña en el área cercana a la galería (ver figura 2.16).

Figura 2.16

Galería con escurrimiento propio



Galería que compromete todo el espesor con escurrimiento propio
OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

El caudal específico “ q ” depende del abatimiento “ s ” ($H - H_d$) y de la permeabilidad (k_f) del acuífero. El radio de influencia del abatimiento (R) depende de varios factores. La ecuación general que define el caudal unitario, y conocida como la ecuación de Dupuit, es:

$$q = (H^2 - H_d^2) \cdot k_f / R \cdot L \quad \text{Ec. (2.5)}$$

La ecuación es aplicable en los casos que el caudal de extracción de la galería tipo zanja por unidad de longitud, sea menor al caudal unitario suministrado por el acuífero y al efecto, se presentan dos casos:

a) Acuífero con escurrimiento propio

Un acuífero con escurrimiento propio se refiere a una formación geológica subterránea que contiene agua y que presenta la capacidad de fluir naturalmente.

$$q = H \cdot k_f \cdot i \quad \text{Ec. (2.6)}$$

La ecuación normalmente aplicada cuando el acuífero alimenta a la galería tipo zanja por una sola cara es:

$$q = (H^2 - H_d^2) \cdot k_f / (2 \cdot R) \quad \text{Ec. (2.7)}$$

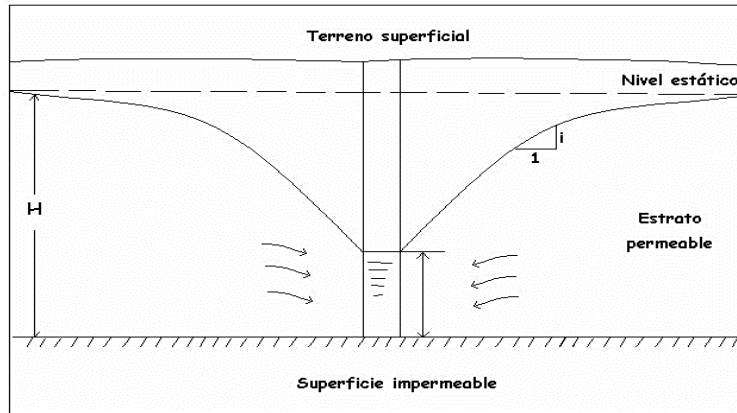
En el caso que el acuífero permitiese la captación de agua por ambos lados de la galería de filtración, la ecuación aplicable (ver figura 5.19) es:

$$q = (H^2 - H_d^2) \cdot k_f / R$$

Ec. (2.8)

Figura 2.17

Galería que compromete todo el espesor del acuífero y alimentado por ambos lados



OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

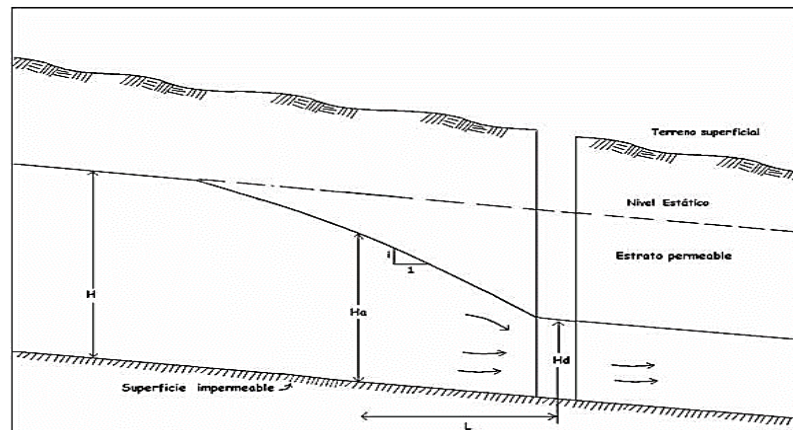
El nivel dinámico del acuífero aguas arriba de la galería a una distancia determinada (L) de la galería y cuando el dren es alimentado, por un lado, está dado por la ecuación (ver figura 2.18):

$$H_a = \left[H_d^2 + (2 \cdot q \cdot L) / k_f \right]^{0.5}$$

Ec. (2.9)

Figura 2.18

Nivel dinámico del acuífero en la galería que compromete el espesor del acuífero



OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

El radio de influencia de la galería se determina a partir de las pruebas de permeabilidad y en el caso de diseño de galerías, se debe tener en cuenta que la explotación del acuífero se realiza hasta alcanzar el punto de equilibrio, es decir, el radio de influencia es un valor constante para cada valor de caudal. De esta manera, el radio de influencia se determina mediante la expresión:

$$R = (H^2 - H_d^2) \cdot k_f / (2 \cdot q) \quad \text{Ec. (2.10)}$$

Una aproximación en la determinación del radio de influencia está dada por el teorema de Weber que tiene en cuenta el tiempo de extracción del agua. Al efecto, se aplicación es válida solamente cuando se conoce el tiempo en que se logra el punto de equilibrio. La ecuación es:

$$R = 3 \cdot [k_f \cdot t \cdot s / S]^{0.5} \quad \text{Ec. (2.11)}$$

En caso que el caudal extraído en la galería sea menor que el suministrado por el acuífero, la altura del escurrimiento aguas abajo de la galería [Y_0] está dado por la fórmula (ver figura 5.14):

$$Y_0 = (q_a - q_b) / (k_f \cdot i) \quad \text{Ec. (2.12)}$$

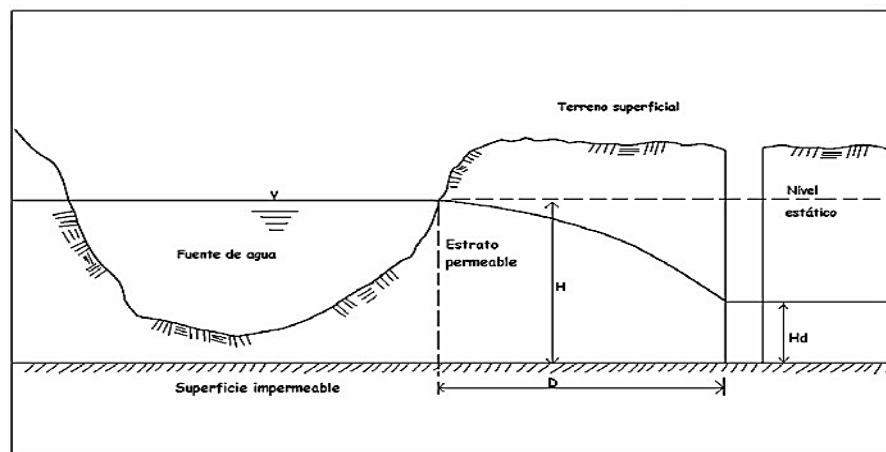
Siendo:

q_a = caudal unitario suministrado por el acuífero [$m^3/s \cdot m$]

q_b = caudal unitario extraído de la galería [$m^3/s \cdot m$]

Figura 2.19

Altura del escurrimiento en la galería que compromete todo el espesor del acuífero



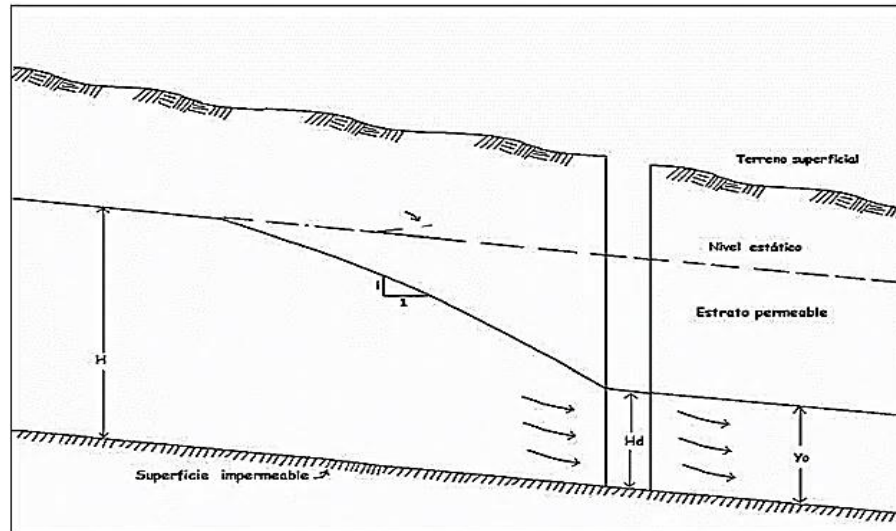
OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

- ✓ **Acuífero con recarga superficial:** (ver figura 2.20) La ecuación que gobierna esta situación es:

$$q = (H^2 - H_d^2) \cdot k_f / (2 \cdot D) \quad \text{Ec. (2.13)}$$

Figura 2.20

Galería adyacente a una fuente superficial



OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

2.1.4.15. Determinación de la conductividad hidráulica

2.1.4.15.1. Acuífero libre con pozos de observación

Es la prueba de campo más usada en la determinación de la conductividad hidráulica, y consiste en bombear el agua de un pozo mientras se realizan lecturas en el nivel de agua, en por lo menos dos pozos de observación. La prueba se prolonga hasta alcanzar las condiciones de equilibrio, es decir hasta lograr un nivel constante en los pozos de observación. Esta prueba debe realizarse con una tasa de bombeo constante y la conductividad hidráulica se determina mediante la aplicación de la ecuación:

$$k_f = Q \cdot \ln(R / r) / \left[\pi \cdot (H_a^2 - H_b^2) \right] \quad \text{Ec. (2.14)}$$

Donde:

k_f = Conductividad hidráulica (m/s)

Q = Caudal de extracción (m³/s)

R = Distancia al pozo de observación más lejano (m)

r = Distancia al pozo de observación más cercano (m)

H_a = Carga de agua en el punto de observación más lejano (m)

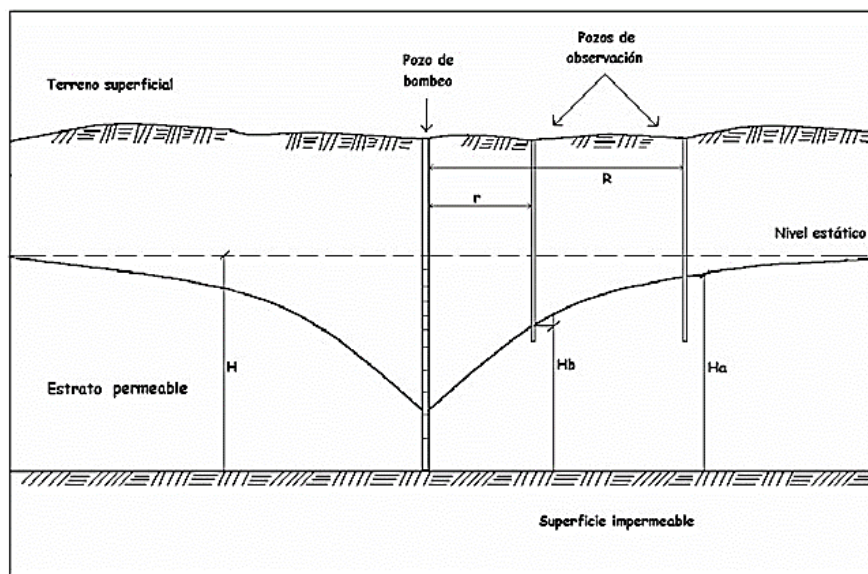
H_b = Carga de agua en el punto de observación más cercano (m)

La fórmula de pozo se basa en las siguientes consideraciones:

- ✓ Penetración del pozo de bombeo en todo el espesor del acuífero.
- ✓ Existencia de condición de equilibrio, es decir, la tasa de bombeo es constante y el nivel en los pozos permanece estable.
- ✓ Material del acuífero homogéneo, isotrópico y extendido a distancias infinitas en todas las direcciones.
- ✓ Pequeñas inclinaciones en las líneas de corriente superiores, por lo que las líneas de flujo pueden considerarse horizontales.

Figura 2.21

Determinación de la conductividad hidráulica



Determinación de la conductividad hidráulica en acuífero libre con pozos de observación
OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

2.1.4.16. Parámetros básicos de diseño

Los parámetros básicos de diseño deben ser establecidos considerando el área del proyecto y el período de vida útil del proyecto. Entre los parámetros básicos de diseño se deben considerar:

- ✓ Población del proyecto.
- ✓ Consumo de agua.

- ✓ Caudales de diseño.
- ✓ Período de diseño.

2.1.4.16.1. Población del proyecto

Es el número de habitantes que ha de ser servido por el proyecto para el período de diseño, el cual debe ser establecido con base en la población inicial. Para la estimación de la población de proyecto se deben considerar los siguientes aspectos:

a) Población inicial

Referida al número de habitantes dentro el área de proyecto que debe ser determinado mediante un censo poblacional y/o estudio socio-económico. Se aplicarán los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística (INE) para determinar la población de referencia o actual y los índices de crecimiento demográfico respectivos. Para poblaciones menores, en caso de no contar con índice de crecimiento poblacional, se debe adoptar el índice de crecimiento de la población capital o del municipio. Si el índice de crecimiento fuera negativo se debe adoptar como mínimo un índice de crecimiento de 1%.

b) Población futura

Referida al número de habitantes dentro el área del proyecto que debe ser estimada en base a la población inicial, el índice de crecimiento poblacional y el período de diseño.

2.1.4.16.2. Métodos de cálculo

Para el cálculo de la población futura se pueden utilizar uno de los siguientes métodos de crecimiento, según el tipo de población, dependiendo de sus características socio- económicas.

a) Aritmético

$$P_f = P_0 \cdot \left(1 + \frac{i \cdot t}{100} \right)$$

Ec. (2.15)

b) Geométrico

$$P_f = P_0 \cdot \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

Ec. (2.16)

c) Exponencial

$$P_f = P_0 \cdot e^{\left(\frac{i \cdot t}{100} \right)}$$

Ec. (2.17)

Donde:

P_f = Población futura en habitantes

P_0 = Población inicial en habitantes

i = Índice de crecimiento poblacional anual en porcentaje

t = Número de años de estudio o período de diseño

L = Valor de saturación de la población

M = Coeficiente

a = Coeficiente

2.1.4.16.3. Aplicación

Los métodos a emplearse deben ser aplicados de acuerdo a lo especificado en la Tabla 2.12

Tabla 2.12

Aplicación de métodos de cálculo para la estimación de la población futura

Método	Población (habitantes)			
	Hasta 5 000	De 5 001 a 20 000	De 20 001 a 100 000	Mayores a 100 000
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Exponencial	X (2)	X2	X 1	X
Curva logística				X

NB689 Agua Potable

2.1.4.16.4. Consumo de agua

La dotación mínima a adoptarse debe ser suficiente para satisfacer los requerimientos de consumo doméstico, comercial, industrial y público, considerando las pérdidas en la red de distribución.

La dotación de agua depende de los siguientes factores:

- ✓ Oferta de agua (capacidad de la fuente).
- ✓ Clima.
- ✓ Aspectos económicos y socio-culturales.
- ✓ Opción técnica y nivel de servicio (piletas públicas, conexiones domiciliarias y uso debombas manuales).

- ✓ Tipo de consumo (medido, irrestricto y uso de limitadores de caudal).
- ✓ Servicio de alcantarillado.
- ✓ Condiciones de operación y mantenimiento.
- ✓ Pérdidas en el sistema.

a) Consumo domestico

En la determinación del consumo doméstico se deben considerar:

- ✓ Sistemas con conexiones domiciliarias, en los que, la dotación debe ser suficiente para abastecer los diferentes usos: aseo personal, descarga de sanitarios, lavado de ropa, cocina, riego de jardines y lavado de pisos.
- ✓ Sistemas con piletas públicas, en los que, la dotación media diaria debe ser suficiente para satisfacer los requerimientos de: aseo personal, lavado de ropa y cocina.

2.1.4.16.5. Dotación media diaria

La dotación media diaria se refiere al consumo anual total previsto en un centro poblado dividido por la población abastecida y el número de días del año. Es el volumen equivalente de agua utilizado por una persona en un día. es un indicador esencial para la gestión y planificación del suministro de agua. Su cálculo y análisis permiten a los planificadores y gestores tomar decisiones informadas para asegurar un suministro adecuado y sostenible de agua.

Tabla 2.13

Dotación media diaria (l/hab-d)

Zona	Población (habitantes)					
	Hasta 500	De 501 a 2 000	De 2 001 a 5 000	De 5 001 a 20 000	De 20 001 a 100 000	Más de 100 000
Del Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 200
De los Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
De los Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350
Notas:	(1)			(2)		

(1) Justificar a través de un estudio social.

(2) Justificar a través de un estudio socio-económico; NB689 Agua Potable

Las dotaciones indicadas son referenciales y deben ajustarse sobre la base de estudios que identifiquen la demanda de agua, capacidad de la fuente de abastecimiento y las condiciones socioeconómicas de la población, podrán utilizarse datos de poblaciones con características similares. Para sistemas nuevos de agua potable, en zonas rurales, como caso excepcional, donde

la disponibilidad de agua no llegue a cubrir la demanda de la población (consumo restringido) se debe calcular la dotación en base al caudal mínimo de la fuente y la población futura. En caso de establecer una dotación menor a 30 l/hab-d, no se deben considerar conexiones domiciliarias, solamente piletas públicas.

2.1.4.16.6. Dotación futura de agua

La dotación media diaria puede incrementarse de acuerdo a los factores que afectan el consumo y se justifica por el mayor hábito en el uso de agua y por la disponibilidad de la misma. Por lo que, se debe considerar en el proyecto una dotación futura para el período de diseño, la misma que debe ser utilizada para la estimación de los caudales de diseño.

La dotación futura se debe estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria, aplicando la fórmula del método geométrico:

$$D_f := D_0 \cdot \left(1 + \frac{d}{100}\right) \cdot t \quad \text{Ec. (2.18)}$$

Donde:

D_f = Dotación futura en l/hab-d

D_0 = Dotación inicial en l/hab-d

d = Variación anual de la dotación en porcentaje

t = Número de años de estudio en años

2.1.4.16.7. Caudales de diseño

Los caudales de diseño deben ser estimados para el dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema de agua potable. Se deben considerar los siguientes caudales:

2.1.4.16.8. Caudales medio diario

Es el consumo medio diario de una población, obtenido en un año de registros. Este parámetro se utiliza para evaluar la disponibilidad de agua, diseñar infraestructuras hidráulicas y gestionar el uso sostenible del recurso. Se determina con base en la población del proyecto y dotación, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{md} := \frac{P_f \cdot D_f}{86400} \quad \text{Ec. (2.19)}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario en l/s

P_f = Población futura en hab.

$$D_f = \text{Dotación futura en l/hab-d}$$

2.1.4.16.9. Caudales máximo diario

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir representa el día de mayor consumo del año. Se determina multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente k_1 que varía según las características de la población.

$$Q_{max.d} := k_1 \cdot Q_{md} \quad \text{Ec. (2.20)}$$

Donde:

$$Q_{max.d} = \text{Caudal máximo diario en l/s}$$

$$k_1 = \text{Coeficiente de caudal máximo diario}$$

$$Q_{md} = \text{Caudal medio diario en l/s}$$

2.1.4.16.10. Caudales máximo horario

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente k_2 que varía, según el número de habitantes, de 1,5 a 2,2, tal como se presenta en la Tabla 3.7.

$$Q_{max.h} := k_2 \cdot Q_{max.d} \quad \text{Ec. (2.21)}$$

Donde:

$$Q_{max.h} = \text{Caudal máximo horario en l/s}$$

$$k_2 = \text{Coeficiente de caudal máximo diario}$$

$$Q_{max.d} = \text{Caudal máximo diario en l/s}$$

Tabla 2.14

Valores del coeficiente k_2

Población (habitantes)	Coeficiente k_2
Hasta 2 000	2,20 – 2,00
De 2 001 a 10 000	2,00 – 1,80
De 10 001 a 100 000	1,80 – 1,50
Más de 100 000	1,50

NB689 Agua Potable

2.1.4.16.11. Periodo de diseño

El período de diseño es el número de años durante los cuales una obra determinada prestará con eficiencia el servicio para el cual fue diseñada. Los factores que intervienen en la selección del período de diseño son:

- ✓ Vida útil de las estructuras y equipos tomando en cuenta la obsolescencia, desgaste y daños.
- ✓ Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto.
- ✓ Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- ✓ Comportamiento hidráulico de las obras cuando éstas no estén funcionando a su plena capacidad.

Su adecuada determinación asegura que las instalaciones sean sostenibles, eficientes y capaces de satisfacer las demandas futuras, proporcionando beneficios económicos, sociales y ambientales a largo plazo.

El período de diseño debe ser adoptado en función del componente del sistema y la característica de la población, podrá ser mayor o menor a los valores especificados en Tabla 2.15

Tabla 2.15

Periodo de diseño (años)

Componente del sistema	Población menor a 20 000 habitantes	Población mayor a 20 000 habitantes
Obra de captación	10 – 20	30
Aducción	20	30
Pozos profundos	10	15 - 20
Estaciones de bombeo	20	30
Plantas de tratamiento	15 - 20	20 - 30
Tanques de almacenamiento	20	20 - 30
Redes de distribución	20	30
Equipamiento:		
Equipos eléctricos	5 - 10	5 - 10
Equipos de combustión interna	5	5

NB689 Agua Potable

2.1.4.17. Aspectos importantes a tomar en cuenta para el diseño estructural

2.1.4.17.1. Normas y programas de cálculo estructural

El uso de la norma ACI (American Concrete Institute) en proyectos de hormigón aporta una serie de beneficios significativos al diseño, construcción y mantenimiento de estructuras. Estas normas, como el ACI 318 para diseño estructural, ofrecen directrices basadas en investigaciones científicas y prácticas comprobadas. A continuación, se describen los principales beneficios:

- ✓ La norma ACI asegura que el diseño cumpla con los requisitos de resistencia del hormigón y el acero de refuerzo, proporcionando una estructura segura bajo diversas condiciones de carga.
- ✓ Reduce la probabilidad de fallas catastróficas mediante criterios claros para el diseño de elementos estructurales (vigas, columnas, losas, etc.).
- ✓ El uso de la norma permite que las estructuras sean fácilmente verificables por autoridades reguladoras y aseguradoras, agilizando aprobaciones.
- ✓ ACI promueve el diseño racional de estructuras, evitando el sobredimensionamiento y optimizando la cantidad de hormigón y refuerzo de acero.
- ✓ Incluye enfoques como el diseño por factores de carga y resistencia (LRFD), que mejora la precisión en comparación con métodos más conservadores.
- ✓ Aborda temas como durabilidad en condiciones de exposición agresiva (corrosión, heladas, ambientes salinos) mediante recomendaciones de mezclas y recubrimientos mínimos.
- ✓ Proporciona criterios para prevenir problemas a largo plazo, como la figuración excesiva, retracción y fluencia del hormigón.

El uso de SAP2000 en el diseño y análisis de estructuras de hormigón ofrece una amplia gama de beneficios gracias a sus capacidades avanzadas en modelado, análisis y diseño. Este software es ampliamente utilizado en ingeniería estructural debido a su precisión, flexibilidad y facilidad para cumplir con normativas internacionales. A continuación, se destacan los principales beneficios:

- ✓ Permite modelar estructuras de hormigón con geometrías complejas, como losas, vigas, columnas, muros y pórticos, mediante herramientas gráficas intuitivas y opciones avanzadas para definir materiales y secciones.

- ✓ Incluye bases de datos con propiedades específicas del hormigón (elasticidad, densidad, resistencia) que se pueden personalizar según las necesidades del proyecto.
- ✓ Permite evaluar el comportamiento de estructuras de hormigón bajo cargas normales y extremas, incluyendo efectos como figuración, pandeo y comportamiento plástico.
- ✓ Modela la interacción entre los cimientos y el suelo, considerando los efectos en la estabilidad general de la estructura.
- ✓ Incluye códigos estructurales para diseño de hormigón (ACI, Euro código, ASCE, entre otros), lo que facilita garantizar el cumplimiento de estándares.
- ✓ Realiza el diseño y dimensionamiento de elementos estructurales de hormigón, optimizando secciones y cuantificando refuerzos según los requisitos normativos.

2.1.4.17.2. Selección del sitio para la construcción de la galería

Si se contara con dos alternativas para ubicar la galería, siendo una de ellas la ubicada en un acuífero con escurrimiento propio, y la otra, en las proximidades de la orilla de una masa de agua superficial, se tiene que, en cuanto a la calidad del agua, es preferible seleccionar la primera por tener menor probabilidad de estar contaminada bacteriológicamente; sin embargo, en cuanto a confiabilidad en el rendimiento, es más atractiva la segunda alternativa.

Los lugares más convenientes para la construcción de galerías de filtración son las márgenes planas de los cursos y cuerpos de agua, con poca diferencia de elevación entre el nivel del agua y el nivel superior del terreno y próximos a la orilla del curso de agua, con el fin de evitar grandes excavaciones. De otra parte, el material que forma el lecho del río en la zona de captación debe tener una granulometría que le permita trabajar a la galería de filtración como filtro lento.

2.1.4.17.3. Trabajos preliminares

Teniendo en cuenta que las galerías se construyen por debajo del nivel del suelo, será indispensable realizar estudios geotécnicos destinado a determinar las características geomorfológicas del lugar donde se tiene prevista la construcción de la galería. Una parte importante es el estudio de la geología de la zona para conocer la disposición del material no consolidado en profundidad, así como sus características hidrogeológicas, variaciones en el nivel de las aguas subterráneas a lo largo del año, entre otros.

2.1.4.17.4. Ubicación de la galería

Con la información disponible, se podrá contar con los siguientes elementos de análisis:

- ✓ Características de los horizontes del acuífero.
- ✓ Dirección y velocidad del movimiento de las aguas subterráneas.
- ✓ Profundidad del acuífero a captar.
- ✓ Propiedades del acuífero.
- ✓ Composición físico-química y bacteriológica de las aguas subterráneas.

Con toda esta información será posible decidir la ubicación más conveniente de la galería, así como su dirección, profundidad, diámetro y pendiente. Frecuentemente, la dirección es perpendicular al flujo de las aguas subterráneas, pero si existe una recarga constante de un río, podrá ser paralela a éste. La profundidad será definida en función de la variación del nivel de las aguas subterráneas, de manera que garantice su funcionamiento durante todo el año y bajo las condiciones de sequía más severas.

2.1.4.17.5. Diseño de los componentes de la galería de filtración

Considerando que el proyectista de pequeñas obras de abastecimiento de agua tiene que diseñar una galería de filtración en base a su experiencia y, por lo general, sin un detallado estudio hidrogeológico, resulta una buena práctica efectuar cálculos por medio de diferentes métodos, variando los parámetros dentro de un rango razonable de magnitud, para luego seleccionar los resultados más probables. Aunque el procedimiento no parece muy confiable, en muchos casos proporciona buenos resultados en el diseño de pequeños sistemas de abastecimiento de agua. De esta manera, una vez determinada la longitud mínima de la galería se procede al diseño de los elementos que la componen.

2.1.4.17.6. Selección del material

Normalmente se utiliza concreto reforzado con acero, que debe ser impermeable y resistente a la corrosión. El concreto se selecciona en función de su durabilidad y capacidad para soportar las cargas del suelo y el agua. El túnel debe estar diseñado con secciones transversales adecuadas para permitir el flujo de agua y la instalación de equipos de filtración. Las dimensiones se determinan según la cantidad de agua que se espera manejar.

2.1.4.17.7. Geometría y dimensiones del túnel

La forma más común de la sección transversal de un túnel es circular o elíptica, debido a su capacidad para soportar las presiones del suelo de manera uniforme. Sin embargo, se pueden

considerar otras formas, como secciones rectangulares o trapezoidales, dependiendo de los requisitos específicos del proyecto. El tamaño del túnel debe ser lo suficientemente grande para alojar los sistemas de drenaje y permitir el acceso para mantenimiento. Las dimensiones se determinan en función del caudal de agua esperado y el espacio necesario para los componentes de filtración y drenaje.

2.1.4.17.8. Refuerzo estructural

El concreto debe estar reforzado con barras de acero para soportar las cargas estructurales, tanto de la tierra como del agua circundante. El diseño de la armadura se realiza siguiendo normas de ingeniería estructural para asegurar la resistencia adecuada. Es fundamental realizar cálculos precisos para determinar las cargas que la estructura del túnel debe soportar, incluyendo la presión del suelo, la presión hidrostática, y cualquier carga adicional (por ejemplo, tráfico o equipos).

2.1.4.17.9. Canaletas de recolección

A menudo se instalan canaletas longitudinales a lo largo del túnel para recolectar el agua filtrada y guiarla hacia los sistemas de recolección principales. Estas canaletas pueden ser abiertas o cerradas, y deben estar diseñadas para evitar la acumulación de sedimentos. Las canaletas suelen ser naturales, de concreto o materiales plásticos resistentes a la corrosión y al desgaste. Deben ser impermeables para evitar fugas y duraderas para soportar el ambiente húmedo.

2.1.4.17.10. Caseta de control

La caseta sirve como un punto centralizado para el control y monitoreo del sistema de filtración. Desde aquí, los operadores pueden gestionar el funcionamiento de las bombas, válvulas, y sistemas de monitoreo. Proporciona un entorno protegido contra las condiciones climáticas adversas, el vandalismo y otros riesgos, asegurando la durabilidad y fiabilidad de los equipos.

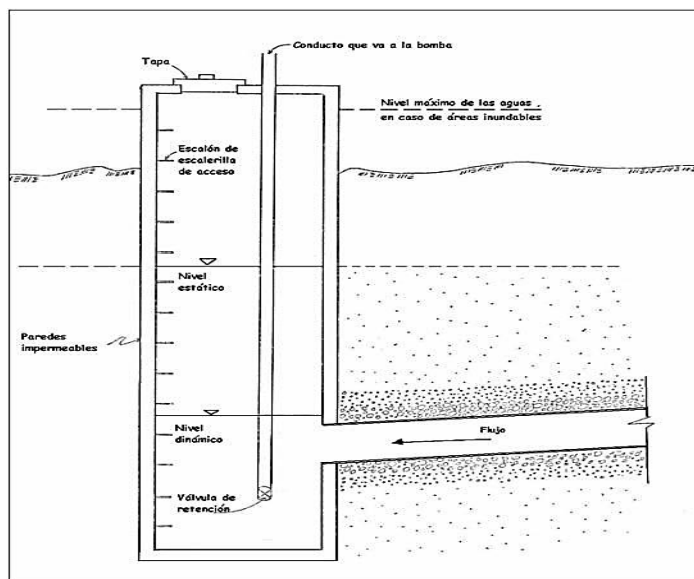
La caseta debe estar ubicada cerca del acceso principal a la galería filtrante para facilitar la conexión de los equipos y la intervención rápida en caso de emergencia. Se debe construir en un lugar elevado o protegido contra inundaciones, con acceso fácil para el personal de mantenimiento y operación, así como para el transporte de equipos y herramientas.

2.1.4.17.11. Pozo colector o tanque de almacenamiento

La función de este pozo es reunir el agua drenada por la galería de filtración y facilitar, si fuera el caso, el bombeo de esta agua. El pozo puede ser circular o rectangular, y sus dimensiones deben permitir a un hombre realizar labores tanto de limpieza como de mantenimiento de los conductos y válvulas de regulación de los drenes y de los equipos de impulsión (ver figura 2.22).

Figura 2.22

Detalles del pozo o cámara colectora



OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR

2.1.5. Planos constructivos

2.1.5.1. Concepto general

Los planos constructivos de una galería filtrante constituyen el conjunto de representaciones gráficas que describen con precisión todos los elementos estructurales, hidráulicos y constructivos de la obra. Su objetivo principal es guiar la ejecución física del sistema de captación subterránea de agua, garantizando que se cumplan las especificaciones técnicas, dimensiones, materiales y procedimientos de instalación adecuados.

2.1.5.2. Importancia técnica

Los planos constructivos son indispensables para:

- ✓ Asegurar la funcionalidad hidráulica, permitiendo el flujo subterráneo hacia la cámara de captación sin pérdidas ni contaminación.
- ✓ Facilitar el control y supervisión de la obra, al ofrecer información clara sobre cotas, pendientes, longitudes, diámetros y secciones.
- ✓ Prevenir errores constructivos, al definir los detalles de la excavación, impermeabilización, filtración y drenaje.
- ✓ Servir como documento legal y técnico, que respalda la ejecución del proyecto ante autoridades competentes.

2.1.5.3. Contenido de los planos

Los planos constructivos deben incluir, como mínimo, los siguientes componentes:

- ✓ **Plano de ubicación y emplazamiento:** muestra la localización geográfica, accesos, topografía y relación con el cauce o acuífero.
- ✓ **Plano en planta de la galería:** indica la traza del conducto filtrante, pozos de inspección, cámara de recolección y conexiones.
- ✓ **Detalles constructivos:** incluyen los tipos de filtros (gravas, arenas, geotextiles), sistemas de ventilación, juntas y elementos de protección.
- ✓ **Plano estructural:** muestra las dimensiones y refuerzos del revestimiento, así como las estructuras de acceso y cierre.

2.1.5.4. Programas y normas recomendables

Se hizo el uso del software AutoCAD en la elaboración de planos constructivos debido a que ofrece múltiples beneficios en proyectos de ingeniería, arquitectura y construcción. Este software de diseño asistido por computadora (CAD) es ampliamente reconocido por su precisión, flexibilidad y capacidad para optimizar los procesos de diseño. El diseño y la representación de planos constructivos de galerías filtrantes deben regirse por normas nacionales e internacionales, tales como:

- ✓ NB 688:2002. Abastecimiento de agua potable – Requisitos generales para obras de captación y conducción.
- ✓ NB 611:2004. Obras civiles – Criterios generales de diseño y construcción.
- ✓ Manual de Diseño de Obras de Captación Subterránea (OPS, 2004).

2.1.6. Costos y presupuesto general

2.1.6.1. Elementos de costo

a) Costos directos

Los costos directos son aquellos que se identifican y cuantifican de manera específica en cada partida o ítem de obra, y están directamente relacionados con la ejecución física del proyecto.

b) Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos que no pueden asignarse directamente a una partida específica dentro del APU, pero son indispensables para la ejecución del proyecto.

2.1.6.2. Asignación de costos

Consiste en la distribución sistemática de los costos directos e indirectos a las distintas unidades de obra, utilizando herramientas como el Análisis de Precios Unitarios (APU) y metrados, con el objetivo de reflejar de manera realista el consumo de recursos en cada actividad.

2.1.6.2.1. Costos directos

a) Materiales

Insumos necesarios para la construcción (cemento, arena, grava, tuberías, etc.).

b) Mano de obra

Personal involucrado directamente en la ejecución (albañiles, operadores, ayudantes).

c) Equipo, maquinaria y herramientas

Equipo: El equipo se refiere a cualquier conjunto de dispositivos, máquinas o herramientas que se utilizan en conjunto para realizar una tarea o una serie de tareas relacionadas. Puede incluir elementos como vehículos, sistemas de computadoras, sistemas de comunicación, sistemas de iluminación, y otros equipos especializados.

Maquinaria: La maquinaria se refiere a las máquinas grandes y complejas que se utilizan en la producción industrial, la agricultura, la construcción y otras actividades para realizar operaciones específicas. Esto puede incluir máquinas como excavadoras, tornos, prensas, cortadoras, molinos, entre otros.

Herramientas: Las herramientas son dispositivos manuales o pequeñas máquinas que se utilizan para llevar a cabo tareas específicas de manera más eficiente. Esto puede incluir elementos como martillos, destornilladores, sierras, taladros, llaves, entre otros.

2.1.6.2.2. Costos indirectos

a) cargas sociales

- ✓ **Las cargas de aplicación:** directa comprenden los aportes que efectúa el empleador al sistema del seguro social y a los beneficios que recibe el empleado de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

- ✓ **Las cargas de aplicación diferida:** se refieren a los compromisos que el empleador asume con el empleado, en forma voluntaria o forzosa, de acuerdo a circunstancias especiales como: rescisión del contrato de trabajo, días no trabajados por feriados, licencias, y otros.

A continuación, veremos un desglose de las cargas sociales y el porcentaje optado para el proyecto en el cual se determinó un 55.00% de cargas sociales para el proyecto debido a la tabla 2.16.

Tabla 2.16

Desglose de cargas sociales

DESCRIPCIÓN	DÍAS SIN PRODUCCIÓN	JORNALES PAGADOS
Domingos (D.S. 21060 Art. 67)	52	52
Feridos (D.S. 21060 Art. 67)	10	10
Días de Lluvias	10	10
Enfermedad	3	3
Ausencia justificada	2	2
Ausencia injustificada	2	0
Día del constructor (26 de Abril)	1	1
Aguinaldo	0	30
Desahucio	0	0
Vacación	15	15
Prima	0	0
Indemnización	0	30
TOTAL	95	153

DÍAS AL AÑO

365 días

DÍAS EFECTIVOS AL AÑO

270 días

JORNALES ABONADOS

423 días

INCIDENCIA POR INACTIVIDAD

1.57

Fuente: memoria técnica de costos y presupuestos

b) Herramientas menores

Las herramientas menores constituyen un costo indirecto asociado a la ejecución de actividades constructivas, debido a su carácter auxiliar, su uso compartido y su desgaste continuo

durante la obra. Por ello, en el APU se incluyen como un factor adicional que permite cubrir su adquisición, reposición, mantenimiento y depreciación.

c) Gastos generales y administrativos

Estos gastos son esenciales para el funcionamiento de la empresa, pero no están directamente vinculados a la creación del producto o servicio principal. Aquí tienes algunos ejemplos de gastos generales y administrativos comunes:

Relacionados directamente con la ejecución en sitio:

- ✓ Oficina de obra
- ✓ Ingeniero residente
- ✓ Maestro de obra
- ✓ Topografía
- ✓ Servicios básicos (agua, energía, comunicación)
- ✓ Seguridad industrial
- ✓ Almacenes y control de materiales

d) Utilidad

Se refiere al beneficio o ganancia que una persona, empresa o entidad obtiene de una actividad económica después de deducir todos los costos asociados. En otras palabras, la utilidad es la diferencia entre los ingresos generados por la venta de bienes o servicios y los costos totales incurridos para producir o proporcionar esos bienes o servicios. Para el proyecto se optó por una utilidad del 10%.

e) Impuestos al valor agregado

Los impuestos al valor agregado (IVA) son gravámenes que se aplican al valor agregado en cada etapa del proceso de producción o distribución de bienes y servicios. El cual se tomó en cuenta con un porcentaje de 14.94%.

f) Impuestos a las transacciones

Los impuestos a las transacciones son gravámenes que se aplican a ciertas transacciones financieras o comerciales. Estos impuestos pueden ser de diferentes tipos y se aplican en diversos contextos, como las transacciones financieras, las compras de bienes y servicios, o las transferencias de propiedad.

2.1.6.3. Programas o software requeridos

Se utiliza el programa Quark para costos y presupuestos de obra debido a que ofrece múltiples beneficios en la planificación, gestión y control de proyectos de construcción. Quark es una herramienta diseñada específicamente para facilitar la creación de presupuestos detallados, análisis de precios unitarios y seguimiento financiero de las obras. A continuación, se describen sus principales ventajas:

- ✓ Permite elaborar presupuestos detallados con desgloses precisos de insumos, mano de obra, maquinaria y equipos.
- ✓ Calcula automáticamente los costos indirectos, utilidad y cargos adicionales, reduciendo errores humanos.
- ✓ Facilita la creación de presupuestos estructurados de acuerdo con normas y formatos establecidos por las regulaciones locales o estándares internacionales.
- ✓ Reduce significativamente el tiempo necesario para elaborar y modificar presupuestos, lo que mejora la productividad.
- ✓ Permite incorporar bases de datos de insumos propios o ajustar rendimientos específicos.
- ✓ Actualiza automáticamente los costos cuando se modifican los precios de insumos, evitando cálculos manuales y posibles errores.

Dicho de otro modo, Quark es una herramienta robusta y eficiente que optimiza el manejo de costos y presupuestos en proyectos de construcción, ayudando a mejorar la precisión, reducir riesgos y garantizar el éxito financiero de las obras.

2.1.7. Manual de operación y mantenimiento

En vista de que no existen manuales de operación y mantenimiento que aborden procedimientos específicos, se vio la necesidad de realizar uno propio, utilizando documentos guía, como ser: Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua rurales (MINISTERIO DEL AGUA, VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BASICOS). Un manual ofrece múltiples beneficios, tanto técnicos como económicos y ambientales. A continuación, se detallan los más importantes:

- ✓ Garantiza que las galerías operen a su máxima capacidad, promoviendo un flujo eficiente y constante.
- ✓ Permite implementar rutinas que evitan el deterioro prematuro de los componentes y Minimiza la frecuencia y el costo de reparaciones mediante acciones correctivas tempranas.
- ✓ Asegura el correcto funcionamiento del sistema, evitando pérdidas innecesarias, ayudando a mantener estándares óptimos de pureza al prevenir la acumulación de contaminantes.
- ✓ Facilita el cumplimiento de regulaciones locales e internacionales relacionadas con la captación y uso de agua. También promueve prácticas de operación sostenibles que minimicen el impacto ambiental.
- ✓ Un mantenimiento planificado reduce los gastos asociados a reparaciones inesperadas o reemplazos prematuros. También Optimiza el tiempo y los materiales necesarios para el mantenimiento.
- ✓ Proporciona instrucciones claras que disminuyen el riesgo de accidentes durante las inspecciones o reparaciones. Detalla procedimientos seguros para manejar situaciones de emergencia.

Un manual bien elaborado no solo asegura el correcto funcionamiento de las galerías filtrantes, sino que también protege el recurso hídrico, optimiza costos y fomenta prácticas responsables en su operación y mantenimiento.

2.1.8. Presupuesto de operación y mantenimiento

Un presupuesto anual de operación y mantenimiento para galerías filtrantes ofrece numerosos beneficios que garantizan su correcto funcionamiento, prolongan su vida útil y optimizan el uso de recursos. Estos son los principales:

- ✓ Al contar con fondos asignados, se pueden realizar mantenimientos regulares que evitan fallos inesperados. Esto nos permite mantener las galerías operativas en su máxima capacidad, asegurando el flujo y la calidad del agua filtrada.

- ✓ Reduce el desgaste prematuro de los componentes y evita daños graves mediante inspecciones periódicas y reparaciones oportunas.
- ✓ Reduce la necesidad de reparaciones de emergencia, que suelen ser más costosas, además que permite priorizar actividades clave y evitar inversiones innecesarias.
- ✓ Un sistema bien mantenido asegura la eficiencia en la captación y el filtrado del agua, minimizando fugas o fallos que podrían comprometer el recurso hídrico.
- ✓ Los recursos asignados permiten monitorear y mantener altos estándares de calidad en el agua filtrada. Evita la acumulación de sedimentos u otros contaminantes en las galerías.
- ✓ Promueve prácticas de mantenimiento y operación que reduzcan el impacto ambiental, asegurando un suministro confiable de agua, mejorando la calidad de vida de las comunidades dependientes del sistema.

Un presupuesto anual bien diseñado no solo evita problemas operativos, sino que también maximiza el valor de la inversión inicial en las galerías filtrantes, contribuyendo a su sostenibilidad técnica, económica y ambiental.

2.2. ESTADO DEL ARTE DEL PROBLEMA

El aprovechamiento de aguas subterráneas mediante sistemas de captación tipo galerías filtrantes han sido objeto de múltiples investigaciones en el ámbito de la ingeniería civil e hidráulica, particularmente en contextos donde las fuentes superficiales presentan limitaciones en cantidad o calidad. Estos sistemas han demostrado ser una alternativa técnicamente viable y económicamente eficiente para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales y periurbanas.

Desde el punto de vista de la calidad del agua, diversos estudios basados en las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) establecen que los parámetros físico-químicos (pH, turbidez, sólidos disueltos totales, conductividad) y bacteriológicos (coliformes totales y fecales) son determinantes para evaluar la aptitud del agua para consumo humano. En general, el agua subterránea presenta mejores condiciones de calidad debido al efecto de filtración natural del suelo; sin embargo, investigaciones del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2002) advierten que, en ausencia de protección sanitaria y control técnico en la captación, estas fuentes pueden presentar contaminación microbiológica,

constituyendo un riesgo para la salud pública. Esta situación guarda relación con el contexto identificado en la comunidad de Villa Fátima, donde el uso empírico del recurso hídrico carece de evaluación técnica previa.

En el campo de la hidrogeología aplicada, el comportamiento del flujo de agua en medios porosos ha sido ampliamente estudiado a partir de la Ley de Darcy, la cual establece que el caudal es proporcional al gradiente hidráulico y a la conductividad hidráulica del medio (Darcy, 1856). En este sentido, la determinación de la permeabilidad del suelo constituye un parámetro fundamental para el diseño de sistemas de captación subterránea. Ensayos como la granulometría y los límites de Atterberg, normalizados por la ASTM International, permiten clasificar los suelos y estimar su comportamiento hidráulico. Estudios geotécnicos han demostrado que suelos granulares (arenas y gravas) presentan mayores coeficientes de permeabilidad, favoreciendo la infiltración y el flujo hacia las estructuras de captación.

Por otra parte, el monitoreo del nivel freático es un aspecto clave en la evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo. Investigaciones reportadas por la United States Geological Survey (USGS, 2018) indican que las fluctuaciones del nivel freático responden a variaciones estacionales, recarga por precipitación y condiciones geológicas locales. El uso de piezómetros y pozos de observación permite determinar el comportamiento dinámico del acuífero, información esencial para garantizar la sostenibilidad de sistemas de captación como las galerías filtrantes.

En cuanto al diseño de galerías filtrantes, manuales técnicos como los desarrollados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente y guías de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) establecen criterios hidráulicos y constructivos para su implementación. Estos sistemas consisten en estructuras horizontales perforadas, ubicadas por debajo del nivel freático en materiales permeables, que permiten la captación continua del flujo subterráneo. Estudios en América Latina han demostrado que las galerías filtrantes presentan ventajas como la reducción de costos de tratamiento, debido al efecto de filtración natural, y una mayor estabilidad en el suministro en comparación con fuentes superficiales.

A nivel nacional, la aplicación de normativas como la NB 512 (calidad de agua potable) y la NB 689 (diseño de sistemas de agua potable) establece parámetros técnicos para garantizar la seguridad y eficiencia de los sistemas de abastecimiento. Experiencias en regiones como Cochabamba, Oruro y Potosí han evidenciado que las galerías filtrantes son soluciones viables bajo

condiciones hidrogeológicas favorables. No obstante, diversos estudios coinciden en que existe una limitada disponibilidad de información hidrogeológica detallada en zonas amazónicas de Bolivia, lo cual restringe la adecuada planificación y diseño de este tipo de infraestructuras.

El presente proyecto toma como referencia experiencias internacionales en el diseño y operación de galerías filtrantes, destacando el caso de la galería de Chiná, ubicada en el estado de Campeche, México. Esta infraestructura forma parte del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Campeche y ha sido reconocida por su eficiencia en la captación y conducción del flujo subterráneo en acuíferos de tipo aluvial, según reportes del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC, 2022).

Desde el punto de vista constructivo, la galería presenta un revestimiento de hormigón armado, lo que permite mejorar la estabilidad estructural, reducir procesos de erosión interna y facilitar las labores de operación y mantenimiento. De acuerdo con informes técnicos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2018), este sistema es capaz de captar caudales sostenidos a lo largo del año, incluso en periodos de estiaje, lo que evidencia una adecuada interacción entre las condiciones hidrogeológicas del acuífero y el diseño hidráulico de la obra.

Finalmente, el análisis del estado del arte evidencia que, si bien existen fundamentos teóricos consolidados y experiencias exitosas en la implementación de galerías filtrantes, persisten vacíos importantes en la integración de estudios de calidad de agua, caracterización geotécnica y monitoreo del nivel freático en contextos locales específicos. En este sentido, el presente estudio aporta un enfoque integral que articula estos componentes, permitiendo no solo evaluar la viabilidad técnica del sistema de captación, sino también generar información relevante para la gestión sostenible del recurso hídrico en la comunidad de Villa Fátima.

CAPÍTULO III

3. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se apoya en la obtención, medición, procesamiento e interpretación de datos numéricos relacionados con la calidad del agua subterránea, las propiedades físicas e hidráulicas del suelo y el comportamiento del nivel freático en la comunidad de Villa Fátima, municipio de Cobija.

Este enfoque permite evaluar objetivamente las condiciones hidrogeológicas del área de estudio y generar parámetros técnicos confiables para el diseño de una galería filtrante subterránea de hormigón armado, orientada a mejorar la captación de agua para consumo humano. Asimismo, la investigación posee un carácter aplicado, ya que busca dar respuesta a una necesidad real de abastecimiento de agua potable mediante una propuesta técnica viable, sostenible y acorde a las condiciones locales.

3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método inductivo

Este método permite partir de observaciones particulares obtenidas en campo y laboratorio, como resultados de ensayos de agua, registros del nivel freático y propiedades del suelo, para formular conclusiones generales sobre el comportamiento hidrogeológico del área de estudio y su aptitud para la implementación de una galería filtrante.

3.2.2. Método analítico

Se utiliza para descomponer el problema de abastecimiento de agua en sus componentes principales: calidad del recurso hídrico, condiciones del suelo, dinámica del acuífero y requerimientos de captación. Este análisis individual de variables facilita posteriormente su integración en una solución técnica coherente.

3.2.3. Método deductivo

Se aplica al utilizar principios, normas y criterios técnicos generales sobre captación de agua subterránea, ensayos geotécnicos, control de calidad del agua y diseño hidráulico, para su aplicación al caso específico de la comunidad de Villa Fátima.

3.2.4. Método de diseño ingenieril

Este método se emplea en la etapa final del proyecto y consiste en transformar la información recolectada y analizada en una propuesta concreta de ingeniería. Incluye el dimensionamiento hidráulico, la definición geométrica de la galería, el análisis estructural, la elaboración de planos y la estimación de costos.

3.3. ÁREA DE ESTUDIO

La comunidad de Villa Fátima posee un centro educativo de nivel básico. Actualmente, dispone de un sistema de perforación y un tanque elevado, construido en el año 2014 (ver figura 3.1). Sin embargo, en los últimos dos años, la capacidad de suministro de agua ha disminuido, pasando de ser un servicio de 24 horas a solo dos veces al día, lo que implica una escasez de agua para el consumo diario.

Figura 3.1

Tanque elevado de la comunidad



Tanque elevado en condiciones no optimas y sin mantenimiento
Fotografía mediante celular- comunidad Villa Fátima

3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis del presente proyecto está constituida por:

- ✓ El agua subterránea disponible en la zona de intervención

- ✓ El suelo que conforma el medio poroso a través del cual se desplaza el agua
- ✓ El nivel freático y su comportamiento temporal
- ✓ Las condiciones técnicas necesarias para el diseño de una galería filtrante subterránea de hormigón armado.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Identificación de los acuíferos en la zona

El acuífero se encuentra en una vertiente, donde se construyó un pozo de ladrillo de aproximadamente 1.50 m de profundidad. Este pozo se utiliza tanto para el consumo como para el lavado de ropa. Sin embargo, no cuenta con una tapa o cubierta, lo que lo deja expuesto a contaminaciones bacterianas, polvo, hojas, insectos y animales silvestres. Además, en épocas lluviosas, tiende a desbordarse y a contaminarse con el agua turbia de su alrededor. Esto se puede observar en la figura 3.2.

Figura 3.2
Acuífero



Noria recubierta de ladrillo y fuente de agua limpia
Fotografía mediante celular-comunidad villa Fátima

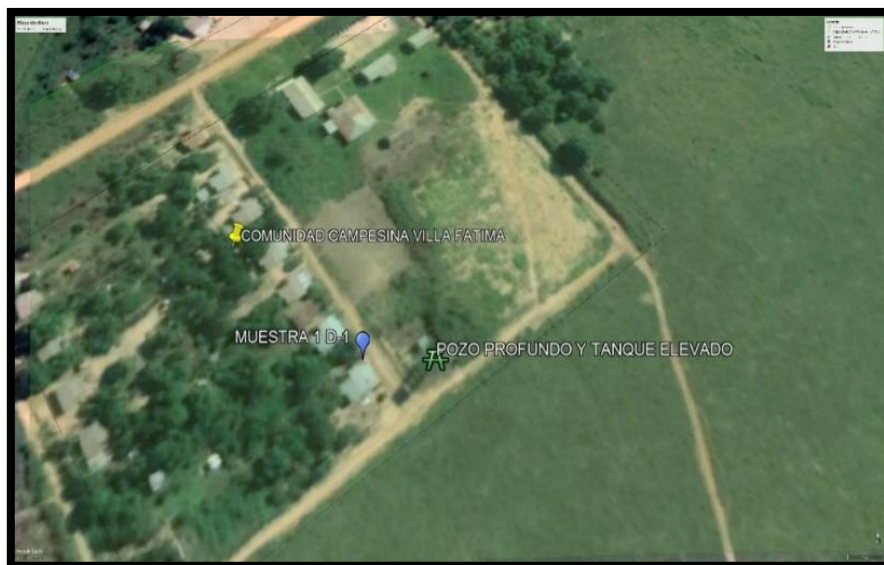
3.5.2. Identificación de los puntos de la toma de muestra

Debe hacerse de manera unívoca. Si se dispone de GPS posicionar satelitalmente la ubicación, de lo contrario especificar el lugar de la manera más concreta posible. En este caso

utilizamos la herramienta de Google Earth, como se puede ver en la figura 3.3 y 3.4. Seleccionamos múltiples puntos de muestreo en caso sea necesario para obtener una visión completa de la calidad del agua en diferentes áreas del cuerpo de agua.

Figura 3.3

Ubicación geográfica de la muestra (D-1).



Ubicación y coordenadas: Latitud: 11°5'38.28" S; Longitud: 68°49'27.77" O
programa Google Earth- comunidad Villa Fátima

Figura 3.4

Ubicación geográfica de la muestra (F-2).



Ubicación y coordenadas: Latitud: 11°5'572" S; Longitud: 68°49'536" O
Programa Google Earth-Comunidad Villa Fátima

3.5.3. procedimiento de toma de muestra y materiales

a) Material de campo

- ✓ Envases para el muestreo (botellas PET).
- ✓ Planillas de registro y lápiz
- ✓ Guantes desechables de látex
- ✓ Conservadora para temperatura ambiente

b) Toma de muestra de la red principal y acuíferos

En el caso de la muestra tomada de la red de distribución, se seleccionó un punto representativo del sistema, procurando que el grifo correspondiera al ramal principal y que no existieran en el trayecto elementos que pudieran alterar la calidad del agua, tales como filtros, mangueras u otros accesorios. Previamente a la recolección, se retiraron los elementos externos del grifo, se limpió cuidadosamente la salida y se dejó correr el agua durante un tiempo prudente, con el fin de eliminar residuos acumulados y obtener una muestra representativa del flujo de la red.

Para la toma de muestra en la noria, se tuvo especial cuidado en extraer agua representativa del acuífero, evitando que estuviera mezclada con agua superficial o contaminada con impurezas vegetales, sedimentos o restos orgánicos. Asimismo, se descartaron aquellas muestras que presentaran olor desagradable o evidencia de descomposición orgánica, debido a que no son aptas para análisis confiables. He aquí algunos procedimientos prácticos empleados para la toma de la muestra para análisis físico-químico y bacteriológico:

- ✓ Si el envase está rotulado verificar que sea el correcto.
- ✓ Que el envase tenga una capacidad de por lo menos 1 litro.
- ✓ Enjuagar 2 a 3 veces con la fuente de agua que se va a muestrear, desechando el agua de enjuague.
- ✓ Recoger la muestra sin dejar cámara de aire. Se puede dejar un mínimo sin llenar que permita la variación de volumen debida a potenciales diferencias térmicas. Si se le va a agregar algún conservante contemplar el volumen necesario para el mismo.
- ✓ Cerrar la botella herméticamente y etiquetarla con la información necesaria.
- ✓ Si no estaba rotulada la botella roturarla con tinta indeleble. Siempre tener papel y cinta adhesiva para emergencias o muestras no planificadas.

- ✓ Mantener las muestras en una hielera con refrigerante (4 °C aproximadamente) durante el transporte.
- ✓ Transportar las muestras al laboratorio lo más rápido posible, preferiblemente en el mismo día de la toma.
- ✓ Asegurarse de que la muestra sea homogénea y representativa del cuerpo de agua.

Es recomendable seguir las normativas y guías nacionales e internacionales, como las establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) o las normativas locales aplicables.

Figura 3.5

Toma de la muestra (D-1).



Toma de muestra de la red de distribución, vivienda familiar, comunidad Villa Fátima

Tabla 3.1

Datos de la toma de muestra (D-1).

MUESTRA D-1	
FECHA	23/03/2021
HORA	10:15 a. m.
LUGAR	COMUNIDAD VILLA FATIMA
CANTIDAD	3/4 DE ENVASE
NATURALEZA	VIVIENDA, PILETA
PARAMETRO A MUESTREAR	FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO

Etiqueta con datos de la toma de muestra de la red

Tabla 3.2

Planilla de registro del lugar (D-1).

PLANILLA DE REGISTRO DEL LUGAR	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	D-1
UBICACIÓN GPS	Latitud: 11°5'38.28" S ; Longitud: 68°49'27.77" O
ENCARGADO	JOSE LUIS AYMA CONDORI
LOCALIDAD O ESTABLECIMIENTO	COMUNIDAD VILLA FATIMA
DEPARTAMENTO PROVINCIA	PANDO - NICOLAS SUEAREZ
DESTINO DE LA FUENTE DE AGUA	CONSUMO HUMANO
FUENTE DE AGUA ANALIZADA	POZO PERFORADO

Planilla de registro de datos básicos del lugar de la toma de muestra

Figura 3.6

Toma de la muestra (F-2)



Toma de muestra de la noria

Tabla 3.3

Datos de la toma de muestra (F-2).

MUESTRA F-2	
FECHA	23/05/2021
HORA	10:55 a. m.
LUGAR	COMUNIDAD VILLA FATIMA
CANTIDAD	3/4 DE ENVASE
NATURALEZA	NORIA
PARAMETRO A MUESTREAR	FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO

Etiqueta con datos de la toma de muestra de la noria

Tabla 3.4*Planilla de registro del lugar (F-2).*

PLANILLA DE REGISTRO DEL LUGAR	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	F-2
UBICACIÓN GPS	Latitud: 11° 5'34.35"S ; Longitud: 68°49'32.30"O
ENCARGADO	JOSE LUIS AYMA CONDORI
LOCALIDAD O ESTABLECIMIENTO	COMUNIDAD VILLA FATIMA
DEPARTAMENTO PROVINCIA	PANDO - NICOLAS SUEAREZ
DESTINO DE LA FUENTE DE AGUA	CONSUMO HUMANO
FUENTE DE AGUA ANALIZADA	NORIA

Planilla de registro de datos básicos del lugar de la toma de muestra

3.5.4. Análisis físico-químico y bacteriológico del agua

Para evaluar la aptitud del agua subterránea para consumo humano, se realizaron análisis de laboratorio de parámetros físico-químicos y bacteriológicos. Entre los parámetros considerados se encuentran pH, conductividad, temperatura, salinidad, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, sólidos totales, turbidez, cloruros, carbonatos, bicarbonatos, sodio, potasio, coliformes totales y coliformes fecales.

Los resultados obtenidos serán comparados con los límites permisibles establecidos por la normativa boliviana para agua potable que mencionaremos a continuación:

Tabla 3.5*Parámetros y límites permitidos para ensayos físico-químicos*

ENSAYO REALIZADO	LIMITE PERMITIDO	REF. DEL LIMITE
PH	6,5 - 9,00	NB - 512
CONDUCTIVIDAD (Us/cm)	1500,00	NB - 512
TEMPERATURA (°C)		
SALINIDAD (%)	0 - 0,5	OMS
SOLIDOS DISUELTOS (mg/L)	500,00	OMS
SOLIDOS EN SUSPENSION (mg/L)		
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	10000,00	NB - 512
TURBIDEZ (NTU)	5,00	NB - 512
COLORO LIBRE (mg/L)	0,2 - 1,5	NB - 512
COLORO TOTAL (mg/L)	1,0 - 1,8	OMS
CLORUROS (mg/L)	250,00	NB - 512
CARBONATOS (mg/L)		
BICARBONATOS (mg/L)	350,00	OMS
SODIO (mg/L)	200,00	NB - 512
POTASIO (mg/L)	10,00	NB - 512

Tabla 3.6*Parámetros y límites permitidos para ensayos bacteriológicos*

INDICADORES DE CALIDAD SANITARIA	ENSAYO	NORMA TECNICA	LIMITE PERMITIDO	REF. DEL LIMITE
COLIFORMES TOTALES	MEMBRANA	NB - 31003	<1	NB - 512
UFC/100 ml de agua	FILTRANTE			
COLIFORMES FECALES	MEMBRANA	NB - 31005	<1	NB - 512
UFC/100 ml de agua	FILTRANTE			
RECuento TOTAL DE MESOFILIOS	PLACA			
AEROBIOS 37°C	VERTIDA	NB - 32016	<2X10 ³	NB - 325002
UFC/100 ml de agua				
HONGOS Y LEVADURAS	PLACA	NB - 32015	AUSENCIA	OMS
UFC/100 ml de agua	VERTIDA			

3.6. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

La caracterización de suelos constituye una etapa fundamental dentro del presente proyecto, ya que proporciona los parámetros geotécnicos e hidráulicos necesarios para analizar las condiciones del terreno y sustentar técnicamente el diseño de la galería filtrante subterránea. Para la ejecución de dichos ensayos se aplicaron procedimientos establecidos en normas técnicas ASTM y AASHTO, de acuerdo con la naturaleza de cada prueba. Los trabajos se realizaron tanto en campo como en laboratorio: en campo se llevó a cabo la extracción de muestras y la evaluación de permeabilidad in situ; mientras que en el Laboratorio de Suelos de la carrera de Ingeniería Civil de la universidad se desarrollaron los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y permeabilidad en laboratorio, garantizando así resultados confiables para el análisis y diseño del proyecto.

3.6.1. Método de obtención de muestras de suelo

La extracción de muestras de suelo mediante una barrena es un método común utilizado en la investigación y el análisis del suelo. A continuación, se muestra los materiales necesarios y los pasos básicos para realizar esta extracción.

- ✓ Barrena manual (tipo cuchara o tipo helicoidal)
- ✓ Cubeta o recipiente para depositar la muestra de suelo
- ✓ Bolsas de muestras o recipientes etiquetados para almacenar las muestras
- ✓ Herramientas auxiliares (pala, martillo, si es necesario)
- ✓ Llave crescent

a) Paso 1: Preparación

Asegúrese de que la barrena esté limpia y en buenas condiciones antes de comenzar, marcar el lugar donde se planea realizar la extracción empleando estacas o marcas en el suelo para asegurarse de que se obtengan muestras representativas.

b) Paso 2: Elección de la Barrena

Se utilizan principalmente dos tipos de barrena para la extracción de suelos: cuchara y helicoidal, cuya elección depende de las características del terreno. En este estudio se empleó una barrena tipo cuchara, adecuada para suelos arcillosos y arenosos, de 3" de diámetro, 40 cm de longitud y con dos cuchillas de perforación en la punta. Su alcance puede incrementarse mediante varillas de extensión, aunque la profundidad máxima depende del nivel de aguas subterráneas, el perfil del suelo y la resistencia del material a atravesar.

c) Paso 3: Inicio de la Extracción

Se inserta la barrena en el suelo en un ángulo perpendicular y se gira en sentido horario (derecha) para perforar el suelo. Aplicamos una presión constante y giramos la barrena mientras esta se empuja hacia abajo. La profundidad de extracción dependerá de los objetivos (se pueden extraer varios metros si es necesario).

Figura 3.7

Barrena tipo cuchara



Barrena del laboratorio de suelos

d) Paso 4: Extracción de la Muestra

Una vez que se haya alcanzado la profundidad deseada, retiramos cuidadosamente la barrena del suelo, manteniendo la muestra en su lugar dentro de la barrena.

e) Paso 5: Transferencia de la Muestra

Depositamos la muestra de suelo en una cubeta o recipiente limpio. Si se está extrayendo varias muestras, asegúrese de etiquetar cada recipiente de manera única para identificar la ubicación y profundidad de la muestra.

f) Paso 6: Almacenamiento de la Muestra

Transferimos la muestra del suelo a bolsas de muestras o recipientes adecuados para el almacenamiento a largo plazo. Asegurarse de etiquetar claramente cada muestra con información relevante.

g) Paso 7: Repetición y Limpieza

Se repite estos pasos en otras ubicaciones si se necesita obtener múltiples muestras. Limpiar la barrena entre extracciones para evitar la contaminación cruzada de las muestras.

h) Paso 8: Análisis y Documentación

Una vez que se haya completado la extracción, las muestras pueden ser analizadas en un laboratorio o estudiadas según tus objetivos de investigación. Registramos la información detallada sobre cada muestra, incluyendo la profundidad y ubicación.

Recuerde que la técnica de extracción de suelo puede variar según las condiciones específicas y el tipo de suelo en su área. Es importante realizar la extracción con cuidado para obtener muestras representativas y necesarias para los propósitos. Si es posible, se deberá consultar con expertos en la materia o profesionales de la geología del suelo para obtener orientación específica para su situación.

3.6.2. Ensayos de granulometría (ASTM D422)

El ensayo de granulometría se realizó con el objetivo de determinar la distribución de tamaños de partículas del suelo presente en el área de estudio. Para ello, se tomó una muestra representativa, la cual fue secada en horno a 110 ± 5 °C hasta masa constante. Posteriormente, la muestra se desmenuzó manualmente, evitando alterar el tamaño natural de las partículas, y se

homogeneizó adecuadamente. Luego, el material fue sometido a tamizado utilizando una serie de tamices normalizados ASTM E11, ordenados de mayor a menor abertura, hasta el tamiz N° 200 (0,075 mm). Finalizado el proceso de tamizado, se pesó el material retenido en cada tamiz con una balanza de precisión de 0,01 g. Con los datos obtenidos se calcularon los porcentajes retenidos, retenidos acumulados y pasantes, elaborándose finalmente la curva granulométrica del suelo. Este ensayo permitió clasificar el material y evaluar su relación con la permeabilidad y el comportamiento mecánico del terreno.

Figura 3.8

Tamizado de las muestras



Juego de tamices, Laboratorio de suelo de la UAP

3.6.3. Determinación de los límites de Atterberg según (ASTM D4318 – AASHTO)

El ensayo de límites de Atterberg se realizó con el objetivo de determinar la consistencia del suelo fino mediante la obtención del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, de acuerdo con la norma ASTM D4318. Para ello, se preparó una muestra representativa del suelo, la cual fue tamizada por el tamiz N.º 40 (0,425 mm), utilizando únicamente la fracción fina. Para el límite líquido, la muestra humedecida se colocó en la copa del dispositivo de Casagrande, se practicó una ranura central y se registró el número de golpes necesarios para cerrar la ranura en

una longitud aproximada de 12 mm. Este procedimiento se repitió con diferentes contenidos de humedad y, mediante la curva de flujo, se determinó el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes. Para el límite plástico, se moldearon manualmente pequeños cilindros de suelo hasta alcanzar aproximadamente 3 mm de diámetro, registrando el contenido de humedad al momento en que el material comenzó a agrietarse y desmoronarse. Finalmente, el índice de plasticidad se obtuvo como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Los contenidos de humedad fueron determinados mediante secado en horno a 110 ± 5 °C y pesado con balanza de precisión. Este ensayo permitió clasificar el suelo según su grado de plasticidad y evaluar su comportamiento geotécnico.

Figura 3.9

Ensayo de copa de casa grande



Ensayo de copa de Casa Grande para determinar el límite líquido, laboratorio de suelos, carrera de ingeniería civil

3.6.4. Ensayo de permeabilidad de suelos in situ, Norma ASTM D6391

El ensayo de permeabilidad in situ se realizó con el objetivo de determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo natural presente en el área de estudio, parámetro indispensable para evaluar la capacidad del terreno de transmitir agua subterránea. Para ello, se seleccionó un punto representativo del sitio y se ejecutó un pozo o perforación de prueba en el estrato de interés. Posteriormente, el terreno fue saturado previamente con agua para garantizar condiciones adecuadas de flujo. Una vez alcanzada la saturación, se aplicó una carga hidráulica constante,

controlando el nivel del agua dentro del pozo y registrando el volumen infiltrado en intervalos de tiempo determinados. Con los datos obtenidos se calculó el coeficiente de permeabilidad mediante la ecuación basada en la Ley de Darcy, considerando el volumen infiltrado, la longitud efectiva del flujo, el área de infiltración, la carga hidráulica y el tiempo de medición. Finalmente, los resultados fueron interpretados de acuerdo con la clasificación del suelo, a fin de establecer su aptitud hidráulica para el diseño de la galería filtrante.

Figura 3.10

Permeabilidad in situ



Perforación para ensayo de permeabilidad in situ con equipos del laboratorio de suelos de la carrera de Ing. Civil- comunidad Villa Fátima

3.6.5. Ensayo de permeabilidad de suelos en laboratorio

El ensayo de permeabilidad en laboratorio se realizó con el objetivo de determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo mediante el método de carga constante, de acuerdo con la norma ASTM D2434. Para ello, se seleccionó una muestra representativa de suelo granular, la cual fue colocada cuidadosamente en el permeámetro, registrando previamente sus dimensiones principales, como la longitud y el área transversal. Posteriormente, la muestra fue saturada con agua con el fin de eliminar el aire contenido en sus vacíos y garantizar condiciones adecuadas de flujo. Una vez alcanzada la saturación, se hizo circular agua a través de la muestra manteniendo

una diferencia de carga hidráulica constante. Luego, se midió el volumen de agua que atravesó el material en un tiempo determinado. Con estos datos se calculó el coeficiente de permeabilidad utilizando la ecuación correspondiente del método, considerando el volumen de agua, la longitud de la muestra, el área transversal, la diferencia de carga y el tiempo de ensayo. Finalmente, los resultados fueron interpretados para evaluar la capacidad del suelo de transmitir agua y su aptitud hidráulica dentro del diseño de la galería filtrante.

Figura 3.11

Permeámetro de carga constante



Permeámetro a carga constante del laboratorio de suelos, carrera de ingeniería civil

3.7. PROCEDIMIENTO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

a) Equipo y materiales

- ✓ Dron RTK
- ✓ Libreta de anotaciones

b) Trabajo de campo

Topografía. - Los drones, equipados con cámaras fotográficas recorren el terreno que se quiere estudiar en cuestión de minutos, con niveles de precisión óptimos. Además, si hay zonas poco accesibles o poco seguras para las personas son un elemento perfecto para llegar a ellas sin problemas.

Las imágenes que han captado las cámaras del dron son procesadas mediante programas y herramientas específicas. Así se obtienen nubes de millones de puntos que son un fiel reflejo de la realidad. Estas imágenes se pueden georreferenciar y escalar, además de extraer coordenadas, distancias, volúmenes, perfiles y a partir de ello realizar modelos 3D y orto fotos.

Figura 3.12

Dron Phantom 4 RTK



Dron phantom 4 RTK del área de ciencias y tecnología, laboratorio de topografía
web<https://www.fotodng.com/dji-anuncia-lanzamiento-global-phantom-4-rtk-13257.html>

Una vez posicionados en campo, se procedió a programar el dron previo al lanzamiento, de manera que el recorrido sea automatizado sobre el área delimitada del proyecto. después del lanzamiento del dron, solo quedo esperar unos minutos para que concluya su recorrido, teniendo así un aterrizaje exitoso. Realiza un mantenimiento regular del dron y sus componentes para asegurar su rendimiento óptimo y prolongar su vida útil.

3.8. MONITOREO DEL NIVEL FREÁTICO

El nivel freático será monitoreado mediante la instalación de pozos de observación entubados en puntos estratégicos del área de estudio. Las lecturas se realizarán de forma periódica durante

tres meses, con el propósito de identificar la profundidad del agua subterránea, su variación temporal y la estabilidad del acuífero en relación con la captación proyectada.

La ubicación de los pozos se definirá considerando criterios de accesibilidad, dirección esperada del flujo subterráneo, cambios de pendiente del nivel freático y condiciones topográficas del terreno. Los datos se registrarán en fichas de campo e incluirán fecha, profundidad del agua, nivel de referencia y observaciones complementarias.

Instrumentos y materiales:

- ✓ tubería PVC ranurada o perforada;
- ✓ cinta métrica;
- ✓ fichas de observación;
- ✓ Herramientas de excavación.

La información obtenida será organizada en tablas, cuadros comparativos y registros cronológicos. El análisis se realizará mediante procedimientos de estadística descriptiva básica, interpretación normativa y contraste técnico entre datos de campo, laboratorio y bibliografía especializada.

3.9. DISEÑO HIDRÁULICO

Con base en la información previa, se procederá a estimar la población de diseño y la demanda de agua, calcular el caudal requerido, definir la longitud y sección de la galería filtrante, establecer pendiente, capacidad de conducción y condiciones de captación.

3.10. DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural de la galería filtrante se realizó con el objetivo de garantizar la estabilidad, resistencia y durabilidad de la estructura subterránea de hormigón armado. En primer lugar, se definió la geometría preliminar de la galería en función de los requerimientos hidráulicos, las condiciones del terreno y la facilidad constructiva. Posteriormente, se identificaron las cargas actuantes sobre la estructura, considerando el peso propio, la presión lateral del terreno, la carga hidrostática del nivel freático, la presión hidráulica y las sobrecargas superficiales. Con base en los resultados de los ensayos de suelo y del monitoreo del nivel freático, se establecieron las condiciones de interacción entre el terreno y la estructura. A continuación, se elaboró un modelo estructural para determinar los esfuerzos internos principales, tales como momentos flectores, fuerzas cortantes y esfuerzos axiales. El análisis fue complementado mediante software

especializado, como SAP2000, con el fin de simular el comportamiento de la galería bajo diferentes combinaciones de carga. Posteriormente, se dimensionaron los elementos de hormigón armado, definiendo espesores y refuerzos necesarios para resistir de manera segura las solicitaciones actuantes. Finalmente, se verificaron las condiciones de estabilidad y seguridad estructural, así como los detalles constructivos requeridos para la ejecución de la obra.

3.10.1. Herramientas utilizadas

Para el desarrollo del proyecto se emplearán las siguientes herramientas:

- ✓ AutoCAD, para la elaboración de planos constructivos
- ✓ SAP2000 o software equivalente, para el análisis estructural;
- ✓ Microsoft Excel, para cálculos hidráulicos, tabulación y procesamiento de datos
- ✓ MADCAD, para la memoria de calculo

3.11. ELABORACIÓN DE PLANOS CONSTRUCTIVOS

La elaboración de planos constructivos se realizó con el objetivo de representar gráficamente, de manera técnica y detallada, todos los elementos necesarios para la ejecución de la galería filtrante subterránea de hormigón armado. En primer lugar, se recopiló y revisó la información base del proyecto, incluyendo resultados del levantamiento topográfico, estudios de suelo, monitoreo del nivel freático, diseño hidráulico y diseño estructural. Posteriormente, se definió el contenido de los planos requeridos, tales como plano de ubicación, planta general, perfil longitudinal, cortes transversales y detalles constructivos. Con base en esta información, se procedió a la representación gráfica del sistema mediante el uso de AutoCAD, incorporando dimensiones, niveles, pendientes, espesores y ubicación de los diferentes componentes. Luego, se añadieron los detalles estructurales e hidráulicos necesarios para la correcta ejecución de la obra, así como cotas, escalas, simbología y especificaciones técnicas. Finalmente, los planos fueron revisados y corregidos para asegurar su coherencia con el diseño propuesto, obteniéndose la versión final lista para su presentación y aplicación constructiva.

3.12. PRESUPUESTOS GENERALES, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La formulación del presupuesto general de la obra se realizó con el objetivo de estimar el costo total de ejecución de la galería filtrante subterránea de hormigón armado. En primer lugar, se revisó la información técnica del proyecto, incluyendo planos constructivos, especificaciones,

detalles hidráulicos y estructurales. Posteriormente, se identificaron los ítems necesarios para la construcción de la obra, considerando actividades preliminares, excavaciones, estructura de hormigón armado, material filtrante, tuberías, accesorios y trabajos complementarios. Luego, se efectuaron los cálculos métricos de cada ítem, calculando las cantidades de obra a partir de las dimensiones definidas en los planos. A continuación, se elaboraron los análisis de precios unitarios, tomando en cuenta materiales, mano de obra, herramientas, equipos y transporte. Finalmente, se consolidó el presupuesto general mediante la multiplicación de cantidades de obra por sus respectivos precios unitarios, obteniéndose el costo total estimado del proyecto, organizado en partidas para su mejor presentación y análisis.

La estimación del presupuesto de operación y mantenimiento se realizó con el propósito de determinar los costos necesarios para garantizar el funcionamiento continuo y la conservación adecuada de la galería filtrante. En primer lugar, se identificaron las actividades de operación del sistema, tales como supervisión, control del caudal y revisión general de sus componentes. Posteriormente, se definieron las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, considerando limpieza, inspección, retiro de sedimentos, reposición de materiales y reparaciones menores.

Tabla 3.7

Tabla de incidencias utilizadas para el proyecto

INCIDENCIAS	PORCENTAJE (%)
Cargas sociales y mano de obra	55
Herramientas menores	5
Gastos administrativos	15
Utilidad	10
Impuestos (IVA)	14.94

Incidencias obtenidas del programa Quark

3.13. CONTENIDO DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La elaboración del manual de operación y mantenimiento se realizó con el objetivo de establecer lineamientos claros para el uso adecuado, la conservación y el funcionamiento eficiente de la galería filtrante subterránea de hormigón armado. En primer lugar, se revisó la información técnica del proyecto, incluyendo diseño hidráulico, diseño estructural, planos constructivos y características de los componentes del sistema. Posteriormente, se identificaron los elementos que conforman la infraestructura, tales como la galería filtrante, material filtrante, tuberías, cámaras y estructuras complementarias. Luego, se definieron los procedimientos básicos de operación, así como las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo necesarias para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema. A continuación, se establecieron las frecuencias de intervención, los responsables de cada actividad y los recursos mínimos requeridos para su ejecución.

CAPÍTULO IV

4. MARCO PRÁCTICO Y RESULTADOS OBTENIDOS

4.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

4.1.1. Resultados fisicoquímicos

4.1.1.1. Resultados fisicoquímicos de la red de distribución

Tabla 4.1

Resultados fisicoquímicos de la red de distribución (D-1).

ENSAYO REALIZADO	D-1	LÍMITE PERMITIDO	REF. DEL LÍMITE
PH	5,86	6,5 - 9,00	NB - 512
CONDUCTIVIDAD (Us/cm)	71,10	1500,00	NB - 512
TEMPERATURA (°C)	25,80		
SALINIDAD (%)	0,00	0 - 0,5	OMS
SOLIDOS DISUELTOS (mg/L)	36,00	500,00	OMS
SOLIDOS EN SUSPENSION (mg/L)	43,00		
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	79,00	10000,00	NB - 512
TURBIDEZ (NTU)	0,54	5,00	NB - 512
COLORO LIBRE (mg/L)	0,75	0,2 - 1,5	NB - 512
COLORO TOTAL (mg/L)	0,89	1,0 - 1,8	OMS
CLORUROS (mg/L)	4,26	250,00	NB - 512
CARBONATOS (mg/L)	0,00		
BICARBONATOS (mg/L)	45,22	350,00	OMS
SODIO (mg/L)	1,87	200,00	NB - 512
POTASIO (mg/L)	0,08	10,00	NB - 512

Resultados obtenidos del laboratorio de aguas de la universidad, área ACBN

a) Resultados de pH. -

Tras los resultados físico-químicos, se obtuvo un pH de 5,86. Cuyo límite permitido de acuerdo a norma es de 6,5 – 9,00. Esto a su vez indica que la muestra es ligeramente ácida, según la escala de pH.

Figura 4.1

Escala de “pH”.



Valores de acidez y alcalinidad; <https://concepto.de/ph/>

En caso de tener un valor ligeramente ácido suele deberse a la corrosión de las tuberías.

b) Resultados de Cloro total mg/L

Tras los resultados físico-químicos, se obtuvo un valor de 0,89 mg/L. Cuyo límite permitido de acuerdo a norma MSO es de 1,0 – 1,8. Esto a su vez indica que la muestra es ligeramente baja en cloro, pero no presenta ninguna amenaza de a la salud de la comunidad.

4.1.1.2. Resultados físicoquímicos de la noria

Los resultados físico-químicos del análisis de agua son cruciales para evaluar su calidad y determinar su idoneidad para diferentes usos.

Tabla 4.2

Resultados físico-químicos de la noria (F-2).

ENSAYO REALIZADO	F-2	LIMITE PERMITIDO	REF. DEL LIMITE
PH	4,83	6,5 - 9,00	NB - 512
CONDUCTIVIDAD (Us/cm)	28,70	1500,00	NB - 512
TEMPERATURA (°C)	24,70		
SALINIDAD (%)	0,00	0 - 0,5	OMS
SOLIDOS DISUELTOS (mg/L)	14,47	500,00	OMS
SOLIDOS EN SUSPENSION (mg/L)	22,63		
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	37,10	10000,00	NB - 512
TURBIDEZ (NTU)	0,35	5,00	NB - 512
CLORO LIBRE (mg/L)	0,02	0,2 - 1,5	NB - 512
CLORO TOTAL (mg/L)	0,04	1,0 - 1,8	OMS
CLORUROS (mg/L)	3,13	250,00	NB - 512
CARBONATOS (mg/L)	0,00		
BICARBONATOS (mg/L)	5,24	350,00	OMS
SODIO (mg/L)	1,36	200,00	NB - 512
POTASIO (mg/L)	2,29	10,00	NB - 512

Resultados obtenidos del laboratorio de aguas de la universidad, área ACBN

a) Resultados de pH

Tras los resultados físico-químicos, se obtuvo un pH de 4,83. Cuyo límite permitido de acuerdo a norma es de 6,5 – 9,00. Esto a su vez indica que la muestra es ligeramente ácida, según la escala de pH. (ver figura 4.7).

b) Resultados de Cloro libre mg/L

Tras los resultados físico-químicos, se obtuvo un valor de 0,02 mg/L. Cuyo límite permitido de acuerdo a norma NB- 512 es de 0,2 – 1,5. Esto a su vez se debe a que las fuentes de agua de vertiente son naturales y no presentan cantidades representativas de cloro.

c) Resultados de Cloro total mg/L

Tras los resultados físico-químicos, se obtuvo un valor de 0,04 mg/L. Cuyo límite permitido de acuerdo a norma MOS es de 1,0 – 1,8. Esto a su vez se debe a que las fuentes de agua de vertiente son naturales y no presentan cantidades representativas de cloro.

4.1.2. Resultados bacteriológicos

Los resultados bacteriológicos del agua son análisis que se realizan para detectar la presencia y concentración de bacterias patógenas u otros microorganismos que pueden representar un riesgo para la salud humana si se consumen o entran en contacto con el agua. Estos análisis suelen incluir la búsqueda de bacterias como Escherichia coli, Salmonella, coliformes fecales.

4.1.2.1. Resultados bacteriológicos de la red de distribución

Tabla 4.3

Resultados de la red de distribución (D-1)

MICROBIOLOGICO					
INDICADORES DE CALIDAD SANITARIA	D-1	ENSAYO	NORMA TECNICA	LIMITE PERMITIDO	REF. DEL LIMITE
COLIFORMES TOTALES	<1	MEMBRANA	NB - 31003	<1	NB - 512
UFC/100 ml de agua		FILTRANTE			
COLIFORMES FECALES	<1	MEMBRANA	NB - 31005	<1	NB - 512
UFC/100 ml de agua		FILTRANTE			
RECuento TOTAL DE MESOFILIOS		PLACA			
AEROBIOS 37°C	1X10 ³	VERTIDA	NB - 32016	<2X10 ³	NB - 325002
UFC/100 ml de agua					
HONGOS Y LEVADURAS	AUSENCIA	PLACA	NB - 32015	AUSENCIA	OMS
UFC/100 ml de agua		VERTIDA			

Resultados obtenidos del laboratorio de aguas de la universidad, área ACBN

Analizando los resultados obtenidos de los laboratorios de aguas, vemos que las cantidades de coliformes totales, fecales, mesófilos, hongos y levaduras, cumplen con los límites permitidos por las diferentes normas, como ser; NB-512, NB-325002 y la OMS.

4.1.2.2. Resultados bacteriológicos de la noria

Tabla 4.4

Resultados bacteriológicos de la noria (F-2).

MICROBIOLOGICO					
INDICADORES DE CALIDAD SANITARIA	F-2	ENSAYO	NORMA TECNICA	LIMITE PERMITIDO	REF. DEL LIMITE
COLIFORMES TOTALES	<1	MEMBRANA	NB - 31003	<1	NB - 512
UFC/100 ml de agua		FILTRANTE			
COLIFORMES FECALES	<1	MEMBRANA	NB - 31005	<1	NB - 512
UFC/100 ml de agua		FILTRANTE			
RECuento TOTAL DE MESOFILIOS		PLACA			
AEROBIOS 37°C	$2,4 \times 10^2$	VERTIDA	NB - 32016	$<2 \times 10^3$	NB - 325002
UFC/100 ml de agua					
HONGOS Y LEVADURAS	$2,1 \times 10^2$	PLACA	NB - 32015	AUSENCIA	OMS
UFC/100 ml de agua		VERTIDA			

Resultados obtenidos del laboratorio de aguas de la universidad, área ACBN

Analizando los resultados obtenidos de los laboratorios de aguas, vemos que las cantidades de coliformes totales, fecales, mesófilos, cumplen con los límites permitidos por las diferentes normas, como ser; NB-512, NB-325002 y la OMS. No obstante, hay presencia de hongos y levaduras, debido a que el pozo está expuesto al aire, polvo, insectos u otros agentes externos.

4.1.3. Conclusiones y toma de decisiones

4.1.3.1. Nivel de pH

Según normas internacionales, los niveles de pH en el agua de consumo humano no llegan a representar un problema para la salud. (ver figura 4.7). Con respecto al nivel bajo de pH encontrado en el agua del pozo, podemos seguir algunas de las siguientes recomendaciones para tratar el agua de la galería y darle una buena calidad, como ser:

a) Uso de productos químicos:

se puede utilizar sustancias químicas para ajustar el pH del agua. Por ejemplo, si se desea aumentar el pH (hacerlo más alcalino), se puede agregar bicarbonato de sodio, carbonato de calcio o hidróxido de sodio. Si desea disminuir el pH (hacerlo más ácido), puede agregar ácido cítrico, ácido clorhídrico o ácido sulfúrico. Es importante tener precaución al manipular sustancias químicas y seguir las instrucciones de seguridad.

Figura 4.2

Aclaraciones de la norma OMS

Motivo para no establecer un valor de referencia	Los niveles que se encuentran en el agua de consumo humano no representan un problema de salud
Observaciones adicionales	Es un parámetro operativo importante de la calidad del agua
Fecha de la evaluación	1993

OMS (2007) pH in drinking-water. Cap10 “Guías para la calidad del agua de consumo humano”.

4.1.3.2. Presencia de hongos y levaduras

El tratamiento contra hongos y levaduras presentes en el agua se puede lograr mediante diversos métodos de desinfección y purificación. A continuación, se menciona una de las opciones comunes:

a) Cloración para la presencia de hongos y levaduras. -

La cloración es uno de los métodos más utilizados para desinfectar el agua y eliminar hongos, levaduras y otros microorganismos. Se agrega cloro al agua para matar las bacterias, hongos y virus presentes. Sin embargo, es importante asegurarse de utilizar la cantidad adecuada de cloro para evitar la presencia de niveles excesivos de cloro residual, que pueden afectar el sabor y la calidad del agua.

4.2. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para nuestro trabajo en concreto, se ha optado por usar el software Agisoft Metashape Profesional. La elección de este programa tanto para el diseño como para la reconstrucción digital se debe a su gran enfoque en la fotogrametría, ideal para modelar artefactos o mapear excavaciones.

Tras obtener todas las fotos del área de trabajo se procederá a la digitalización de imágenes desde el ordenador con el programa Agisoft Metashape Professional. Empezamos con el proceso denominado “orientar fotos”. En este proceso se muestran las cámaras orientadas correctamente. Seguidamente se hace un estudio para ver las imágenes que no han sido orientadas correctamente y las eliminamos. También revisaremos aquellas que se han orientado de manera incorrecta para que no distorsionen el resultado.

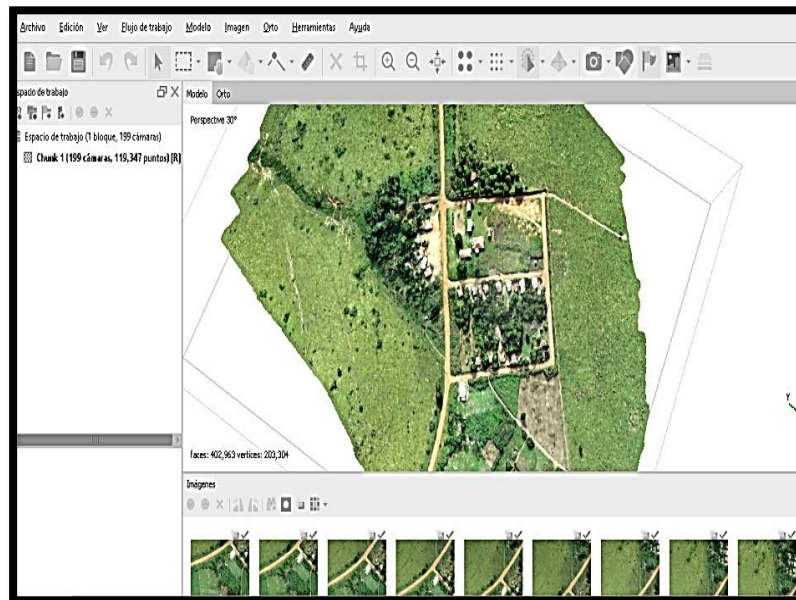
Tras orientar las fotos obtenemos la cantidad de 119,347 puntos. Todos estos puntos conforman la primera nube de puntos. Dado que no interesa trabajar con todos los puntos obtenidos en primera instancia se procede a rectificar la zona de trabajo para no saturar el rendimiento del equipo.

Con la zona de trabajo definida anteriormente se pasa al siguiente paso llamado “crear nube de puntos densa”. Aquí se seleccionan algunos parámetros como la calidad o el filtrado de profundidad. En este caso se elige una calidad “extra alta” y un filtrado de profundidad “agresivo” para tratar de obtener la mejor calidad. Cuando se eligen estos parámetros el tiempo de procesado puede alcanzar más de diez horas hasta obtener el resultado.

Finalmente llegamos al último paso de este flujo de trabajo llamado “crear textura”. Aquí se completa el modelo 3D con los siguientes parámetros: tipo de textura “Mapa RGB”, origen de datos “imágenes”, modo de mapeado “genérico” y los demás se dejan por defecto. de todos estos pasos anteriores marcará el resultado final del modelo con la textura obtenida.

Figura 4.3

Procesamiento de imágenes en el programa Metashape



Procesamiento detallado y levantamiento en 3D del terreno.

En total se realizó el levantamiento topográfico en un área de 63,023 m², que correspondería el lugar del proyecto, como se muestra en la figura (4.3). Los resultados de trabajo de gabinete se pueden observar en el anexo A.

Figura 4.4

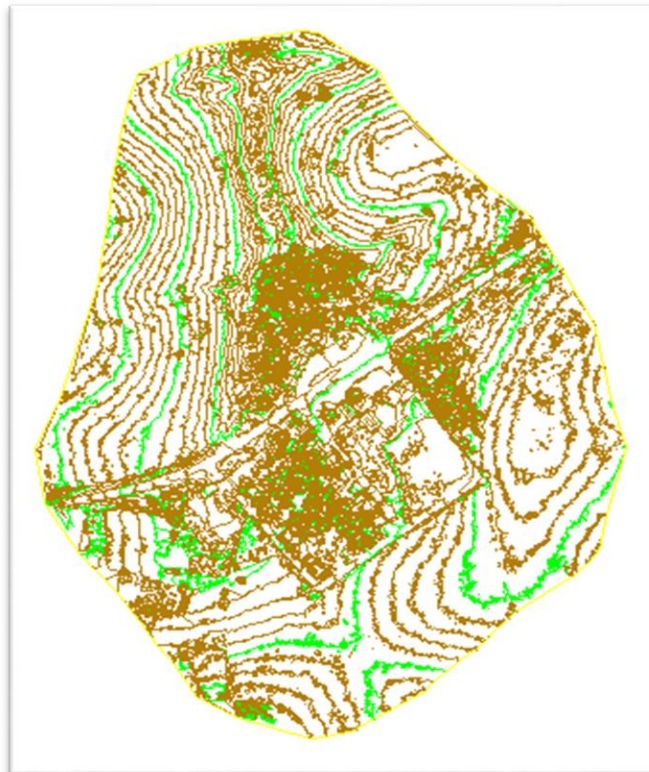
Procesamiento de imágenes en ARCGIS



Importación de imágenes del programa METASHAPE, para procesamiento en ARCGIS.

Figura 4.5

Procesamiento de imágenes en el Civil 3D



Generación de las curvas de nivel mediante el programa ARCGIS

4.3. MEDICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

4.3.1. Ubicación del lugar de aforo y planificación

La obtención de datos del nivel freático es un proceso importante para entender la dinámica del agua subterránea y su influencia en el medio ambiente, la agricultura, la gestión de recursos hídricos y otros aspectos. Se realizaron los aforos en 2 pozos durante los meses de septiembre a diciembre del año 2021. Posteriormente para completar el ciclo hidrológico se realizaron otros aforos durante los meses de mayo a agosto del año 2025, completando así el tiempo de estiaje.

Figura 4.6

Ubicación del lugar de aforo



Lugar de aforo del pozo1; pozo2. Ubicado en la parte baja de la comunidad

Este trabajo preparatorio puede ser de ayuda en el trazado de un plan eficiente y efectivo para el estudio de aguas subterráneas en la comunidad de Villa Fátima, el cual puede comprender las siguientes etapas.

- ✓ Recolección de datos
- ✓ Procesamiento de datos
- ✓ Evaluación de datos

El área de estudio tiene una extensión de 0.23 hect, por lo que se optó por colocar 2 puntos de observación, de forma paralela a la vertiente ver (figura 4.7).

Figura 4.7

Lugar del pozo de observación.



Pozo de observación instalado dentro del perímetro del proyecto

Teniendo conocimiento de que el terreno es plano, se logró alcanzar los 3.7 metros de profundidad, dejando 30 cm de tubo sobre la superficie del suelo, con un diámetro de 3” pulg.

Terminada la construcción de los pozos de observación y/o piezómetros, éstos deben ser referidos al sistema de coordenadas y cotas utilizados para la confección del plano topográfico.

Disponer de las cotas de cada uno de estos puntos permitirá posteriormente correlacionar los niveles del agua subterránea a los niveles o cotas del terreno y preparar los mapas respectivos.

COORDENADA	UTM
Pozo 1: 519051.63 m E	8773752.17 m S
Pozo 2: 519129.97 m E	8773879.28 m S

A continuación, se incluye una planilla de registro de nivel freático recolectada en el terreno.

Tabla 4.5*Registro de datos de nivel freático pozo 1, año 2021***Resumen de datos del nivel freático en la comunidad Villa fatima**

Fechas	Cantidad de Pozos Villa fatima	Diametro de pozo (m)	Profundidad de Pozo (m)	Nivel de espejo de agua (m)	Altura de nivel freático (m)	Volumen de agua (m3) y (lts)	
03/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,16	3,54	0,0178	17,79
06/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,17	3,53	0,0177	17,74
08/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,17	3,53	0,0177	17,74
10/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,17	3,53	0,0177	17,74
14/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,17	3,53	0,0177	17,74
16/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,17	3,53	0,0177	17,74
18/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,15	3,55	0,0178	17,84
21/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,16	3,54	0,0178	17,79
23/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,17	3,53	0,0177	17,74
25/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,17	3,53	0,0177	17,74
28/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,16	3,54	0,0178	17,79
30/09/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,16	3,54	0,0178	17,79
02/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,16	3,54	0,0178	17,79
05/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,14	3,56	0,0179	17,89
07/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,13	3,57	0,0179	17,94
09/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,12	3,58	0,0180	18,00
12/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,12	3,58	0,0180	18,00
14/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,10	3,60	0,0181	18,10
16/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
19/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,06	3,64	0,0183	18,30
21/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,06	3,64	0,0183	18,30
23/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
26/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
28/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,09	3,61	0,0181	18,15
30/10/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,10	3,60	0,0181	18,10
02/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,12	3,58	0,0180	18,00
04/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,11	3,59	0,0180	18,05
06/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,15	3,55	0,0178	17,84
09/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,10	3,60	0,0181	18,10
11/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,09	3,61	0,0181	18,15
13/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
16/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,04	3,66	0,0184	18,40
18/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,02	3,68	0,0185	18,50
20/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,03	3,67	0,0184	18,45
23/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,04	3,66	0,0184	18,40
25/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,05	3,65	0,0183	18,35
27/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,04	3,66	0,0184	18,40
30/11/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,03	3,67	0,0184	18,45
02/12/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,03	3,67	0,0184	18,45
04/12/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,03	3,67	0,0184	18,45
07/12/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,04	3,66	0,0184	18,40
09/12/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,05	3,65	0,0183	18,35
11/12/2021	Pozo 1	0,08	3,70	0,05	3,65	0,0183	18,35

Datos recolectados durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre

Tabla 4.6*Registro de datos de nivel freático pozo 2, año 2021***Resumen de datos del nivel freático en la comunidad Villa fatima**

Fechas	Cantidad de Pozos Villa fatima	Diametro de pozo (m)	Profundidad de Pozo (m)	Nivel de espejo de agua (m)	Profundidad. Nivel agua (m)	Volumen de agua (m ³) y (lts)	
03/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
06/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
08/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
10/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
14/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
16/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
18/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,09	3,61	0,0181	18,15
21/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
23/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,06	3,64	0,0183	18,30
25/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,05	3,65	0,0183	18,35
28/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,06	3,64	0,0183	18,30
30/09/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
02/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
05/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
07/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
09/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
12/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
14/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
16/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
19/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
21/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
23/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
26/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
28/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
30/10/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
02/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
04/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,62	0,0182	18,20
06/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,63	0,0182	18,22
09/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,08	3,63	0,0182	18,22
11/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
13/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,07	3,63	0,0182	18,25
16/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,05	3,65	0,0183	18,35
18/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,04	3,66	0,0184	18,40
20/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,04	3,66	0,0184	18,40
23/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,05	3,65	0,0183	18,35
25/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,06	3,64	0,0183	18,30
27/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,06	3,64	0,0183	18,30
30/11/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,06	3,64	0,0183	18,30
02/12/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,05	3,65	0,0183	18,35
04/12/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,04	3,66	0,0184	18,40
07/12/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,03	3,67	0,0184	18,45
09/12/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,02	3,68	0,0185	18,50
11/12/2021	Pozo 2	0,08	3,70	0,01	3,69	0,0185	18,55

Datos recolectados durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre

Tabla 4.7*Registro de datos de nivel freático pozo 1, año 2025***Resumen de datos del nivel freatico en la comunidad Villa fatima**

Fechas	Cantidad de Pozos Villa fatima	Diametro de pozo (m)	Profundidad de Pozo (m)	Nivel de espejo de agua (m)	Altura del nivel freatico (m)	Volumen de agua (m3) y (lts)	
03/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,20	2,50	0,0126	12,57
06/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,10	2,60	0,0131	13,07
08/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,50	2,75	0,0138	13,82
10/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	0,90	2,80	0,0141	14,07
14/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	0,60	3,10	0,0156	15,58
16/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,30	2,40	0,0121	12,06
18/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,90	2,50	0,0126	12,57
21/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	0,90	2,80	0,0141	14,07
23/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,10	2,60	0,0131	13,07
25/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,30	2,40	0,0121	12,06
28/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,30	2,40	0,0121	12,06
30/05/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,60	2,10	0,0106	10,56
02/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,40	2,30	0,0116	11,56
05/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,10	2,60	0,0131	13,07
07/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	0,95	2,75	0,0138	13,82
09/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,25	2,45	0,0123	12,32
12/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,12	2,58	0,0130	12,97
14/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,45	2,25	0,0113	11,31
16/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,30	2,40	0,0121	12,06
19/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,38	2,32	0,0117	11,66
21/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,32	2,38	0,0120	11,96
23/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,30	2,40	0,0121	12,06
26/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,24	2,46	0,0124	12,37
28/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,45	2,25	0,0113	11,31
30/06/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,68	2,02	0,0102	10,15
02/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,64	2,06	0,0104	10,35
04/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,66	2,04	0,0103	10,25
06/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,69	2,01	0,0101	10,10
09/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,35	2,35	0,0118	11,81
11/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,35	2,35	0,0118	11,81
13/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,35	2,35	0,0118	11,81
16/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,60	2,10	0,0106	10,56
18/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,70	2,00	0,0101	10,05
20/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,69	2,01	0,0101	10,10
23/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,20	2,50	0,0126	12,57
25/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,30	2,40	0,0121	12,06
27/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,39	2,31	0,0116	11,61
30/07/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,60	2,10	0,0106	10,56
02/08/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,10	2,60	0,0131	13,07
04/08/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,05	2,65	0,0133	13,32
07/08/2025	Pozo 1	0,08	3,70	1,00	2,70	0,0136	13,57
09/08/2025	Pozo 1	0,08	3,70	0,95	2,75	0,0138	13,82
11/08/2025	Pozo 1	0,08	3,70	0,75	2,95	0,0148	14,81

Datos recolectados durante los meses de mayo, junio, julio y agosto

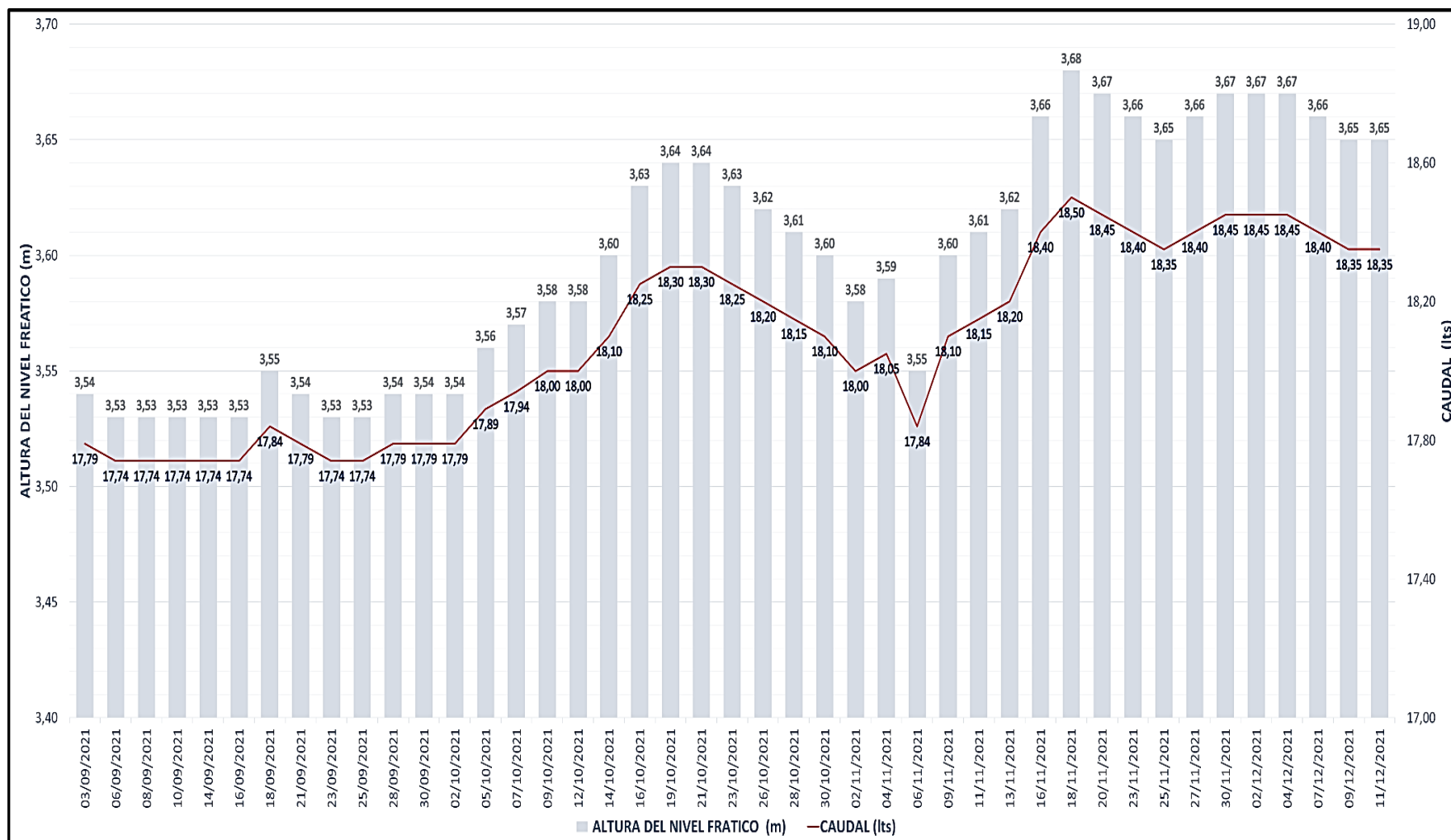
Tabla 4.8*Registro de datos de nivel freático pozo 2, año 2025***Resumen de datos del nivel freatico en la comunidad Villa fatima**

Fechas	Cantidad de Pozos Villa fatima	Diametro de pozo (m)	Profundidad de Pozo (m)	Nivel de espejo de agua (m)	Profundidad Nivel agua (m)	Volumen de agua (m3) y (lts)	
03/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	0,80	2,90	0,0146	14,58
06/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	0,90	2,80	0,0141	14,07
08/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,23	2,47	0,0124	12,42
10/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	0,50	3,20	0,0161	16,08
14/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	0,90	2,80	0,0141	14,07
16/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,80	2,40	0,0121	12,06
18/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,80	2,50	0,0126	12,57
21/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	0,80	2,90	0,0146	14,58
23/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,10	2,60	0,0131	13,07
25/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,40	2,30	0,0116	11,56
28/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,50	2,20	0,0111	11,06
30/05/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,65	2,05	0,0103	10,30
02/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,50	2,20	0,0111	11,06
05/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,00	2,70	0,0136	13,57
07/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,05	2,65	0,0133	13,32
09/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,15	2,55	0,0128	12,82
12/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,18	2,52	0,0127	12,67
14/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,35	2,35	0,0118	11,81
16/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,32	2,38	0,0120	11,96
19/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,40	2,30	0,0116	11,56
21/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,28	2,42	0,0122	12,16
23/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,29	2,41	0,0121	12,11
26/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,40	2,30	0,0116	11,56
28/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,60	2,10	0,0106	10,56
30/06/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,65	2,05	0,0103	10,30
02/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,62	2,08	0,0105	10,46
04/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,65	2,05	0,0103	10,30
06/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,70	2,00	0,0101	10,05
09/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,38	2,32	0,0117	11,66
11/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,40	2,30	0,0116	11,56
13/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,65	2,05	0,0103	10,30
16/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,68	2,02	0,0102	10,15
18/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,65	2,05	0,0103	10,30
20/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,10	2,60	0,0131	13,07
23/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,15	2,55	0,0128	12,82
25/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,40	2,30	0,0116	11,56
27/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,45	2,25	0,0113	11,31
30/07/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,30	2,40	0,0121	12,06
02/08/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,12	2,58	0,0130	12,97
04/08/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,10	2,60	0,0131	13,07
07/08/2025	Pozo 2	0,08	3,70	1,08	2,62	0,0132	13,17
09/08/2025	Pozo 2	0,08	3,70	0,96	2,74	0,0138	13,77
11/08/2025	Pozo 2	0,08	3,70	0,80	2,90	0,0146	14,58

Datos recolectados durante los meses de mayo, junio, julio y agosto

Figura 4.8

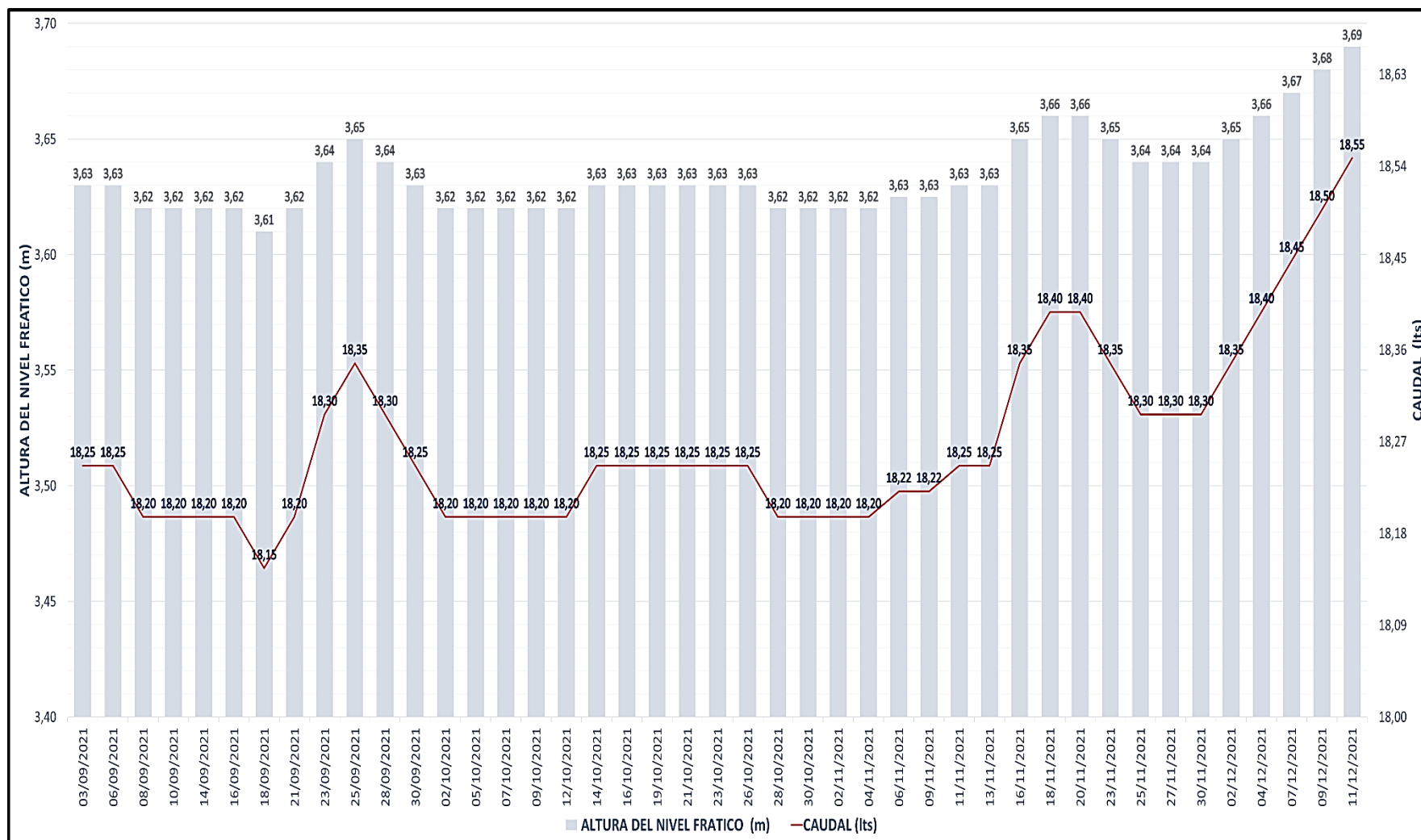
Hidrograma de altura de nivel freático vs caudal, pozo 1 año 2021



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9

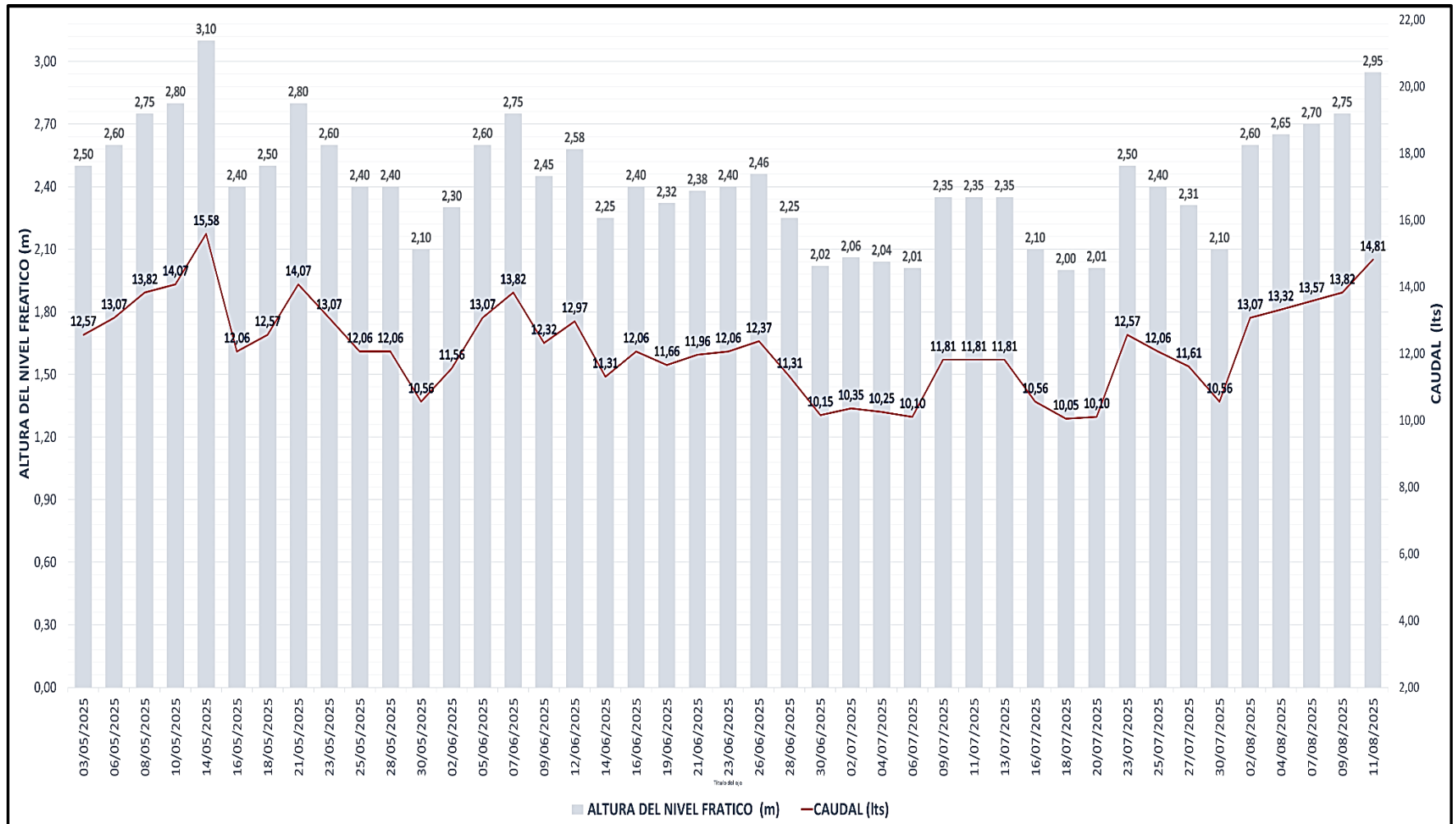
Hidrograma de altura de nivel freático vs caudal, pozo 2, año 2021



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10

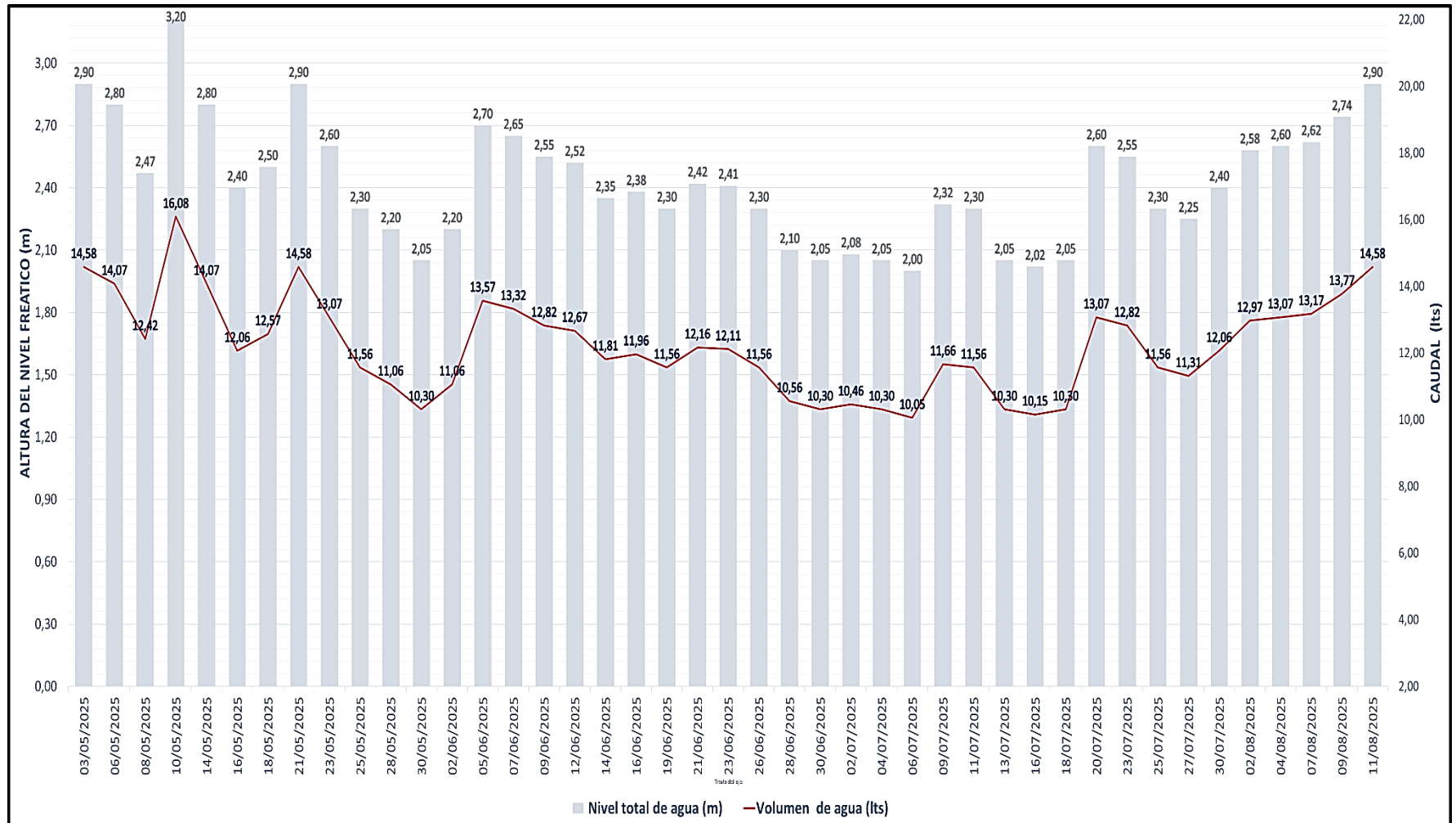
Hidrograma de altura de nivel freático vs caudal, pozo 1, año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11

Hidrograma de altura de nivel freático vs caudal, pozo 2, año 2025



Fuente: Elaboración propia

Con dos pozos de observación, solo podemos determinar el ascenso, descenso del nivel freático y caudal, que fue medido durante los meses más cálidos del año 2025 (mayo, junio, julio, agosto), también el año lluvioso de 2021 (septiembre, octubre, noviembre y diciembre).

4.4. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

El presente estudio geotécnico, se realizó para “Diseño de una Galería Filtrante Subterránea de Hormigón armado para captación de agua potable en la comunidad de villa Fátima – municipio de cobija. Uno de los requisitos fundamentales para realizar el cálculo de la estructura, son los estudios que contemplan pruebas de laboratorio y de campo que serían mencionado más adelante.

Los puntos de perforación realizados en campo, se encuentran en una ubicación próxima al lugar donde se construirá la galería, como se muestra en la figura 4.10.

Figura 4.12

Ubicación del punto de muestreo de suelo



Ubicación de perforaciones realizadas en campo

La Universidad Amazónica de Pando, dentro de la carrera de ingeniería civil, cuenta con un laboratorio de suelo y equipo necesario para las pruebas, donde se realizaron las siguientes:

- ✓ Contenido de humedad
- ✓ Granulometría
- ✓ Límites líquido y plástico
- ✓ Permeabilidad in situ

- ✓ Permeabilidad en laboratorio

4.4.1. Ensayos de laboratorio y de campo

Los ensayos de suelos son pruebas y análisis realizados en muestras de suelo para obtener información sobre sus propiedades físicas, mecánicas, químicas y geotécnicas.

4.4.2. Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad).

Este método implica pesar la muestra de suelo antes y después de secarla para eliminar toda el agua presente. Aquí hay una descripción paso a paso de cómo se realizó este ensayo:

Procedimiento:

a) Paso 1: Preparación de la muestra

- ✓ Selecciona una muestra representativa del suelo que deseas analizar, la muestra debe ser lo suficientemente grande para proporcionar resultados precisos.
- ✓ Etiqueta el recipiente de secado con un número de identificación único.
- ✓ Pesa el recipiente de secado vacío y anota su peso (P1).

Figura 4.13

Preparación de muestras de suelo para ensayos de laboratorio



Muestras de suelo A1, A2, A3, A4

b) Paso 2: Pesado de la muestra húmeda

Toma una porción de la muestra de suelo y pésala en el recipiente de secado. Anota su peso (P2).

c) Paso 3: Secado de la muestra

Coloca el recipiente con la muestra en un horno de secado precalentado a una temperatura constante, generalmente entre 105°C y 110°C. El uso de esta temperatura ayuda a eliminar completamente el agua sin causar pérdida de materia orgánica ni alteraciones químicas en el suelo. Deja la muestra en el horno durante un período de tiempo suficiente para asegurarte de que esté completamente seca. Esto suele tomar entre 12 y 24 horas.

d) Paso 4: Enfriamiento y pesado de la muestra seca

Una vez que la muestra se haya secado por completo, retírala del horno y permite que se enfríe en una atmósfera sin humedad, como una campana de desecación o una caja de desecante, antes de pesarla. Luego se pesa el recipiente con la muestra seca y anota su peso.

Figura 4.14

Proceso de enfriamiento de muestras de suelo



Enfriamiento de las muestras A1, A2, A3, A4

Figura 4.15

Pesaje de muestras de suelo



Pesado de muestras A1, A2, A3, A4

e) Paso 5: Cálculo del contenido de agua (humedad)

Utiliza la fórmula siguiente para calcular el contenido de agua (W%) en la muestra de suelo:

$$W\% = \frac{P_2 - P_3}{P_3 - P_1} \cdot 100 \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde:

$W\%$ = *Porcentaje de contenido de agua (humedad)*

P_1 = *Peso del recipiente de secado vacío*

P_2 = *Peso del recipiente con la muestra húmeda*

P_3 = *Peso del recipiente con la muestra seca*

El resultado obtenido representará el porcentaje de agua presente en la muestra de suelo en relación con su peso seco. Este valor es esencial para comprender la composición y las propiedades del suelo, y es fundamental en ingeniería civil y geotecnia.

Tabla 4.9

Contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD MUESTRA P1				
M	RECIPIENTE (g)	M. HUMEDA (g)	M. SECA (g)	%HUMEDAD
A1	55	992	789.13	25.7
A2	55	788	517.83	52.2
A3	55	989	835.53	18.4
A4	55	991	810.31	22.3

Contenido de humedad en suelos, muestra P1

4.4.3. Análisis granulométrico por tamizado según (ASTM D422 – AASHTO T88)

El análisis granulométrico por tamizado es un procedimiento común en la ingeniería civil y la geotecnia para determinar la distribución de tamaños de partículas en una muestra de suelo. Este análisis es importante para comprender las propiedades del suelo, como su capacidad de drenaje, compactación y capacidad de carga. Aquí te proporciona los pasos generales para llevar a cabo un análisis granulométrico por tamizado:

Materiales utilizados:

- ✓ Muestra de suelo
- ✓ Conjunto de tamices
- ✓ Balanza
- ✓ Recipiente para recolectar fracciones retenidas
- ✓ Agua

Pasos para realizar el análisis granulométrico:

a) Paso 1: Preparación de la muestra

- ✓ Toma una muestra representativa del suelo de la ubicación de interés.
- ✓ Secar en un horno hasta peso constante para eliminar la humedad.
- ✓ Romper los agregados y asegurarse de que la muestra esté bien mezclada.

Figura 4.16

Preparación de las muestras A1, A2, A3, A4



Preparación de las muestras A1, A2, A3, A4, laboratorio de suelos de ingeniería civil.

b) Paso 2: Pesaje de los tamices

- ✓ Pesa cada tamiz con una precisión adecuada y registra los pesos.
- ✓ Asegúrese de que los tamices estén limpios y secos antes de usarlos.

c) Paso 3: Tamizado

- ✓ Coloque la muestra en el tamiz superior (el de abertura más grande).
- ✓ Apila los tamices en orden descendente de abertura, de arriba a abajo.
- ✓ Cubre el conjunto de tamices con una tapa y asegúrala.
- ✓ Agita manualmente o utilizando una tamizadora mecánica durante un tiempo especificado para asegurar que todas las partículas se clasifiquen correctamente.
- ✓ Después del tamizado, pesa cada tamiz con las partículas retenidas y registra los pesos.

d) Paso 4: Cálculo de la distribución granulométrica

- ✓ Calcula la masa retenida en cada tamiz.
- ✓ Calcula el porcentaje de masa retenida en cada tamiz en relación con la masa total de la muestra.

- ✓ Representa estos datos en un gráfico de distribución granulométrica con el tamaño de partícula en el eje horizontal y el porcentaje acumulado en el eje vertical.

e) Resultados obtenidos

Los contenidos de humedad oscilan entre “18,4 a 52 %” y varía según el tipo de suelo encontrado a una determinada altura.

Según el análisis granulométrico, se trata de suelos limosos y arenosos según la altura. (ver anexo B1, B2, B3, B4).

- ✓ 0.5 m, limo
- ✓ 1.8 m, limo
- ✓ 2.8 m, arena limosa
- ✓ 3,0 m, arena arcillosa

4.4.4. Limite líquido y limite plástico

a) Resultados obtenidos

Los índices de Atterberg solo se aplicaron a las muestras A1 y A4, debido q las otras muestras no tenían una buena cohesión necesaria para el ensayo de la copa de Casagrande, ya que contenían un porcentaje alto de arena. Cuyo índice de plasticidad oscila entre 5,39 a 13,32 %. (ver anexo B6, B7).

Figura 4.17

Ensayo de determinación del límite plástico



Ensayo de límite plástico mediante rodillos

4.4.5. Permeabilidad de suelos in situ

En conclusión, el ensayo de permeabilidad de suelos in situ desempeña un papel fundamental en la ingeniería geotécnica, ayudando a los ingenieros a comprender las propiedades hidráulicas del suelo y a tomar decisiones informadas en el diseño y la construcción de proyectos. En cuanto a la permeabilidad in situ, se realizó en dos puntos obteniendo los siguientes resultados. Ver anexo B7 y B8.

- ✓ P2: coeficiente de permeabilidad $K = 0.2500 \text{ cm/seg}$
- ✓ P3: coeficiente de permeabilidad $K = 0.2500 \text{ cm/seg}$

Figura 4.18

Medición y registro de datos del ensayo de permeabilidad



Medición y registro mediante cronómetro y flexo

4.4.6. Permeabilidad de suelos en laboratorio

- ✓ El ensayo de permeabilidad en laboratorio, arrojo los siguientes resultados (ver anexo B9)
- ✓ P4: coeficiente de permeabilidad $K = 0.4166 \text{ cm/seg}$.

Figura 4.19

Permeámetro de carga constante utilizado en laboratorio



Permeámetro a carga constante del laboratorio de suelos

4.4.7. Resumen de resultados geotécnicos

Tabla 4.10

Resumen de resultados

N°	MUESTRA O PUNTO	ENSAYO	RESULTADO TIPO DE SUELO	RESULTADO COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (cm/seg)
1	P1;A1	CLASIFICACION DE SUELOS	Limo	
2	P1;A2	CLASIFICACION DE SUELOS	Limo	
1	P1;A3	CLASIFICACION DE SUELOS	Arena Limosa	
3	P1;A4	CLASIFICACION DE SUELOS	Arena Arcillosa	
4	P2	PERMEABILIDAD IN SITU		0,25
5	P3	PERMEABILIDAD IN SITU		0,25
6	P4	PERMEABILIDAD A CARGA CONSTANTE		0,4166

Valores de tipos de suelo y coeficientes de permeabilidad obtenidos

4.5. MEMORIA DE CÁLCULO HIDRAÚLICO, ESTRUCTURAL, COSTOS Y OPERACIÓN.

4.5.1. Cálculo hidráulico

Datos generales

Población Inicial (Po) 500 hab

Periodo de diseño (t) 20 años

Índice de Crecimiento (i) 6.5 %

Método de cálculo:

a) Aritmético

$$P_{fa} := P_0 \left(1 + \frac{i \cdot t}{100} \right)$$

$$P_{fa} = 1150$$

b) Geométrico

$$P_{fg} := P_0 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

$$P_{fg} = 1762$$

c) Exponencial

$$P_{fe} := P_0 \cdot e^{\left(\frac{i \cdot t}{100} \right)}$$

$$P_{fe} = 1835$$

Se optó el valor más alto que sale de la formula exponencial que nos da una población futura de 1835 Hab.

Dotación futura. -

Se obtuvo de la encuesta hecha en la comunidad, del cual optamos por un valor de dotación inicial de **150 L/Hab-d**. En zonas rurales la dotación futura será igual que la inicial, ver anexo C.

Caudal medio diario. –

$$D_{fu} := 150$$

$$P_f := 1835$$

$$Q_{md} := \frac{P_f \cdot D_{fu}}{86400}$$

$$Q_{md} = 3.19$$

Q_{md} Caudal medio diario en l/s

P_f Población futura en hab.

D_f Dotación futura en l/hab-d

Caudal máximo diario. –

$$k_1 := 1.5$$

$$Q_{max.d} := k_1 \cdot Q_{md}$$

$$Q_{max.d} = 4.78$$

$Q_{max d}$ Caudal máximo diario en l/s

$K1$ coeficiente de caudal máximo diario

., $Q_{max d}$ caudal máximo diario en

Caudal máximo horario. –

$$k_2 := 1.5$$

$$Q_{max.h} := k_2 \cdot Q_{max.d}$$

$$Q_{max.h} = 7.17$$

$Q_{max h}$ Caudal máximo horario en l/s

$K2$ coeficiente de caudal máximo horario.

., $Q_{max d}$ caudal máximo diario en

Cálculo de caudal de bombeo. –

$$D_{01} := 150 \frac{L}{day} \quad P_f := 1835 \quad \text{habitantes}$$

$$Q_b := D_{01} \cdot P_f = 275250 \frac{L}{day}$$

$$Q_b = 0.0032 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_b = 3185.764 \frac{mL}{s}$$

Cálculo de la longitud de la zanja. –

$$R_i := 50 \text{ m}$$

$$H := 2.3 \text{ m}$$

$$H_d := 1.7 \text{ m}$$

$$k_f := 0.004166 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$L := \frac{Q_b \cdot R_i}{(H^2 - H_d^2) \cdot k_f} = 16.188 \text{ m}$$

L = longitud de la galería

R = radio de influencia

H = altura de la galería

Hd = altura de abatimiento

Kf = coeficiente de permeabilidad

Aplicamos la ecuación (ec.2.5), donde despejamos el coeficiente de permeabilidad obtenido por ensayos de campo. Por efectos de diseño optamos por una longitud de **16.5 m**.

4.5.2. Memoria de cálculo estructural de la galería filtrante

4.5.2.1. Normas empleadas

El diseño de la estructura y todos sus elementos constitutivos, fueron realizado de acuerdo a los lineamientos y requerimientos establecidos por las siguientes NORMAS:

- ✓ NB 1225001 (Equivalente a la ACI 318-14)
- ✓ OPS/CEPIS/02.61 UNATSABAR (Manual de diseño de galerías filtrantes)

4.5.2.2. Método de análisis y diseño estructural

El análisis estructural se realizó a través de un modelo tridimensional utilizándose para este efecto el Software de Análisis y diseño estructural SAP 2000, donde se introdujeron las propiedades de los materiales, secciones, formas geométricas, Acciones de cargas, combinaciones, etc.

Figura 4.20

Modelo estructural desarrollado en SAP2000 v23.0.0



Programa utilizado para los componentes de la galería de infiltración

4.5.2.3. Características de los materiales

Hormigón Armado H-21

Peso Específico del hormigón armado	$\gamma_c = 23,5 \text{ KN/m}^3$
Resistencia característica a compresión	$f'_c = 21 \text{ MPa}$
Módulo de elasticidad	$E_c = 17551265 \text{ KN}$
Coefficiente de Poisson	$\mu = 0.20$

Acero de Refuerzo A-500

Peso Específico del acero	$\gamma_s = 76.98 \text{ KN/m}^3$
Límite de fluencia del acero - refuerzo longitudinal	$f_y = 500 \text{ MPa}$
Límite de fluencia del acero - cortante y torsión	$f_{yt} = 413 \text{ MPa}$
Módulo de elasticidad	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
Coefficiente de Poisson	$\mu = 0.30$

4.5.2.4. Elementos estructurales

Columnas de Hormigón Armado – Base galería				
Denominación	Dimensiones			Tipo de Hormigón
	Base [cm]	Alto [cm]	Diámetro [cm]	
TIPO I	30	30	-	H-21 MPa (210 Kg/cm ²)

Vigas de arriostre de Hormigón Armado – Base galería				
Denominación	Dimensiones			Tipo de Hormigón
	Base [cm]	Alto [cm]	Diámetro [cm]	
VP 25X30CM	25	30	-	H-21 MPa (210 Kg/cm ²)

Losa maciza de Hormigón Armado – Pasillo (0.80 m)				
Denominación	Dimensiones			Tipo de Hormigón
	Nervio [cm]	Alto [cm]	Inter ejes [cm]	
LM 10CM	-	10	-	H-21 MPa (210 Kg/cm ²)

Muros de Hormigón Armado – Galería filtrante				
Denominación	Dimensiones			Tipo de Hormigón
	Espesor [cm]	Alto [cm]	Inter ejes [cm]	
M 30CM	30	230	-	H-21 MPa (210 Kg/cm ²)

Muros de Hormigón Armado – bóveda				
Denominación	Dimensiones			Tipo de Hormigón
	Espesor [cm]	Alto [cm]	Inter ejes [cm]	
MV 30CM	30	-	-	H-21 MPa (210 Kg/cm ²)

Fundaciones de Hormigón Armado – zapata combinada				
Denominación	Dimensiones			Tipo de Hormigón
	Ancho [cm]	Largo [cm]	Espesor [cm]	
Z 1x1x0.4	100	100	40	H-21 MPa (210 Kg/cm ²)

Nota: Se optó por fundaciones combinadas y aisladas, con un valor de tensión admisible de:

✓ $\sigma_{adm} = 1.14 \text{ kg/cm}^2$

Cuyos valores entran dentro de los rangos permitidos para el tipo de suelo encontrado en la comunidad.

- ✓ Arena densa compactada: 200 a 400 kPa (2 a 4 kg/cm²)
- ✓ Arena medianamente compactada: 100 a 200 kPa (1 a 2 kg/cm²)
- ✓ Arena suelta: 50 a 100 kPa (0.5 a 1 kg/cm²)

- ✓ Arcilla muy dura: 200 a 400 kPa (2 a 4 kg/cm²)
- ✓ Arcilla dura: 100 a 200 kPa (1 a 2 kg/cm²)

Fuente libro: Manual de ensayos de suelos y materiales (ASTM D4318 AASHTO)

4.5.2.5. Acciones adoptadas en el cálculo

4.5.2.5.1. Carga muerta

De acuerdo a la sección que se defina dentro del Software para cada uno de los elementos que se introduzca, para esto se considera un peso específico tanto para el acero estructural como para el hormigón armado con un valor de:

Material Propuesto	Peso Especifico	
Hormigón Armado	21.00 KN/m ³	(2100 Kg/m ³)
Acero Estructural	76.93 KN/m ³	(7850 kg/m ³)

4.5.2.5.2. Carga permanente no estructural (DNE)

La carga permanente no estructural “DNE” representa a todos aquellos elementos ya sean muros de ladrillo, revoques de yeso, cemento, porcelanato, etc.

4.5.2.5.3. Carga viva (L)

Dependen de la ocupación a la que está destinada la edificación, y están conformadas por los pesos de las personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, etc.

Se consideran las Cargas vivas de la TABLA 4.1 de la NB 1225002-2, (Ver anexos “F”):

Bloque	Elemento	L
GALERIA	Habitaciones	2.0 KN/m ²
	Pasillos	4.0 KN/m ²
	Ambientes con equipos	5.0 KN/m ²
	Escaleras	5.0 KN/m ²
	Losa	2.0 KN/m ²

4.5.2.6. Método de diseño

Para el diseño se considera el método, (*diseño por resistencia*), el cual considera que el hormigón armado está en un estado de esfuerzos cercanos a la falla, donde alguno de los dos materiales que conforma el hormigón armado estará en su rango inelástico no lineal.

Por lo tanto, para un elemento sometido a Momento, Cortante y Carga Axial las condiciones son las siguientes:

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

4.5.2.6.1. Diseño a resistencia

El método aplicado para el diseño es de los Estados Límites Últimos, en el que se pretende limitar que el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando las resistencias de los materiales.

Los factores de carga o los coeficientes de seguridad, como se los conoce más comúnmente, se aplican a las distintas acciones de acuerdo a las 7 posibles combinaciones de mayoración de cargas dadas por Norma NB 1225001.

Tabla Factores de reducción de resistencia

Acción o Elemento Estructural	Factor ϕ
Flexión	0.90
Elementos a compresión con estribos	0.65
Cortante	0.75

4.5.2.6.2. Combinaciones de carga

Servicio

$$U = D + ES + SC + L + DEN$$

D+empuje del suelo

$$U = D + ES$$

D+empuje horizontal

$$U = D + SC$$

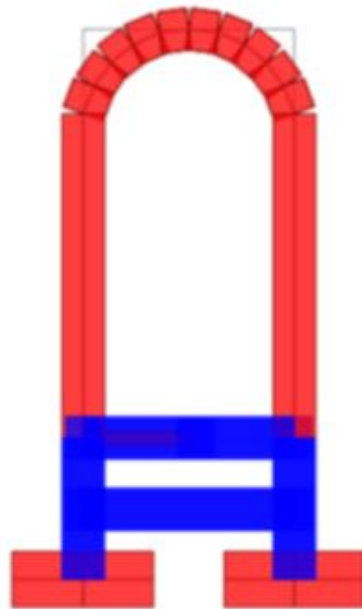
Diseño

$$U = 1.2D + 1.2ES + 1.2SC + 1.6L + 1.2DEN$$

Donde:

- ✓ U = Carga de diseño o ultima que la estructura necesita poder resistir
- ✓ D = Carga muerta
- ✓ SC = Empuje horizontal del suelo
- ✓ ES = Empuje del suelo
- ✓ L = Carga viva
- ✓ DEN = Carga no estructural

4.5.2.7. Análisis de cargas debido al empuje de suelos



La naturaleza del suelo (arena, arcilla, grava) afecta el empuje debido a sus propiedades mecánicas como la cohesión y el ángulo de fricción interna. La altura del muro o estructura afecta directamente la magnitud del empuje, ya que una mayor altura implica una mayor cantidad de suelo y, por lo tanto, una mayor fuerza. También, el nivel freático o agua subterránea aumenta significativamente el empuje debido a la presión hidrostática.

Peso propio de la estructura para 1m

Materiales:

$$\gamma_c := 2.4 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3} \quad f_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Terreno lateral:

$$\gamma_s := 1.9 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3} \quad \phi := 30^\circ \quad k_a := \left(\tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right)^2 = 0.333$$

Suelo de cimentación:

$$q_{adm} := 2.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 4.11

Propiedades básicas de los suelos

Tabla D.27. Propiedades básicas de los suelos			
Clase de suelo		Peso específico aparente (kN/m ³)	Ángulo de rozamiento interno
Terreno natural	Grava	19 – 22	34° - 45°
	Arena	17 – 20	30° - 36°
	Limo	17 – 20	25 – 32°
	Arcilla	15 – 22	16° – 28°
Rellenos	Tierra vegetal	17	25°
	Terraplén	17	30°
	Pedraplén	18	40°

Norma AASHTO

Peso propio de la estructura para 1m

$$A_{SEC} := 3.77 \text{ m}^2 \quad L := 1 \text{ m} \quad vol := A_{SEC} \cdot L = 3.77 \text{ m}^3$$

$$P_p := A_{SEC} \cdot L \cdot \gamma_c = 9.048 \text{ tonnef}$$

Presión horizontal por sobrecarga: muro y bóveda

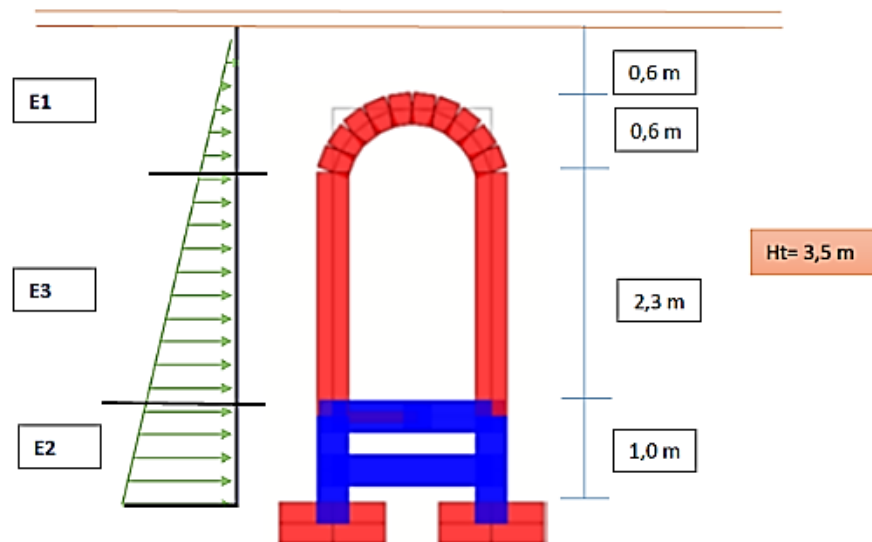
$$q_1 := 1.14 \cdot \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \quad \phi := 30^\circ \quad k_a := \left(\tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right)^2 = 0.333$$

$$P_{SC} := q_1 \cdot k_a = 0.38 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$H := 2.3 \text{ m} \quad P_{HS} := q_1 \cdot H \cdot k_a \cdot 1 \text{ m} = 0.874 \text{ tonnef} \quad y := \frac{H}{2} = 1.15 \text{ m}$$

$$M_{PH} := P_{HS} \cdot y = 1.005 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Presión horizontal por empuje de suelo: muro y bóveda



$$H_1 := 1.2 \text{ m}$$

$$H_2 := 3.5 \text{ m}$$

$$E_1 := \gamma_s \cdot H_1 \cdot k_a = 0.76 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$P_{Agua} := \gamma_a \cdot b \cdot h \cdot \frac{h}{2} = 2.645 \text{ tonnef}$$

$$E_2 := \gamma_s \cdot H_2 \cdot k_a = 2.22 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

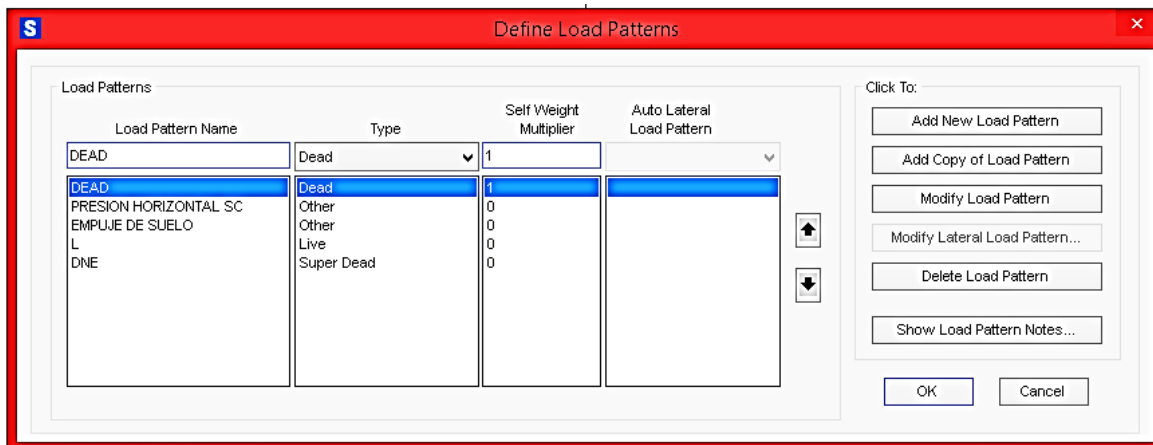
$$y_2 := \frac{H}{3} = 0.767$$

$$E_3 := E_2 - E_1 = 1.457 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

Presión hidrostática

4.5.2.8. Cálculos por ordenador

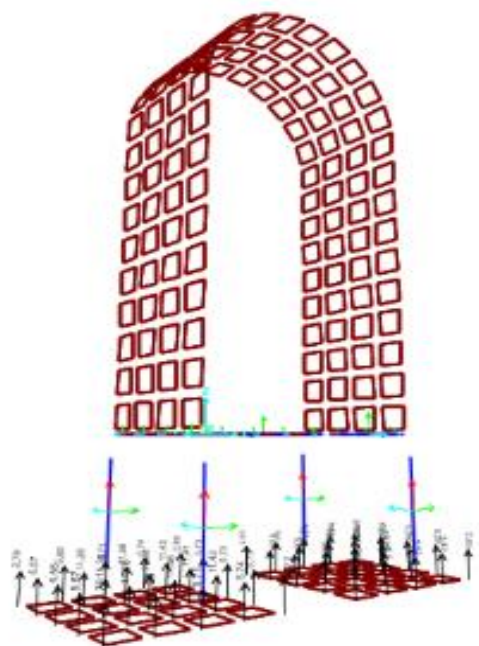
4.5.2.8.1. Asignación de cargas



La asignación de cargas de suelo en SAP2000 es crucial cuando se modelan estructuras como muros de contención, sótanos, o cualquier estructura que interactúe con el terreno. Estas cargas generalmente son distribuidas y varían con la profundidad, dependiendo de la presión de suelo ejercida sobre la estructura. Una vez corrido el programa, pudimos obtener los resultados y diagramas, como ser: reacciones, esfuerzos, momentos y cuantías.

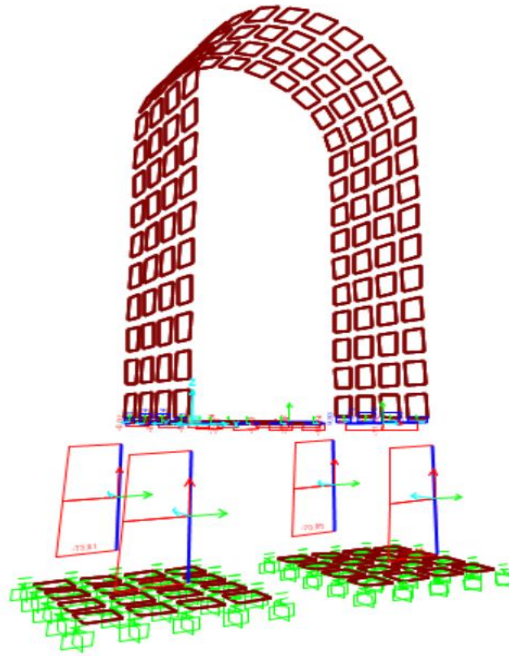
4.5.2.8.2. Reacciones en apoyos

Reacciones en estado de diseño (KN)

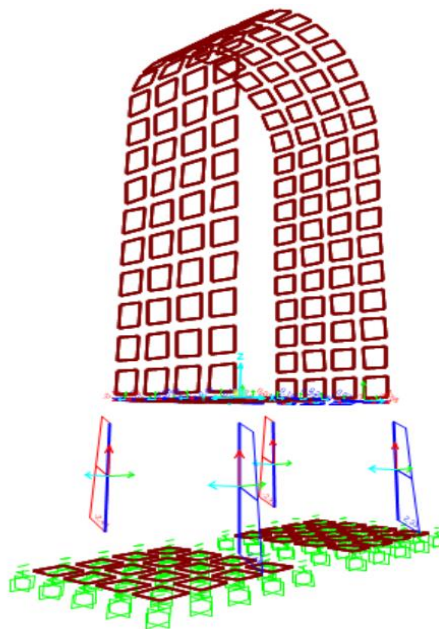


4.5.2.8.3. Esfuerzos en columnas

Axial de diseño (KN)

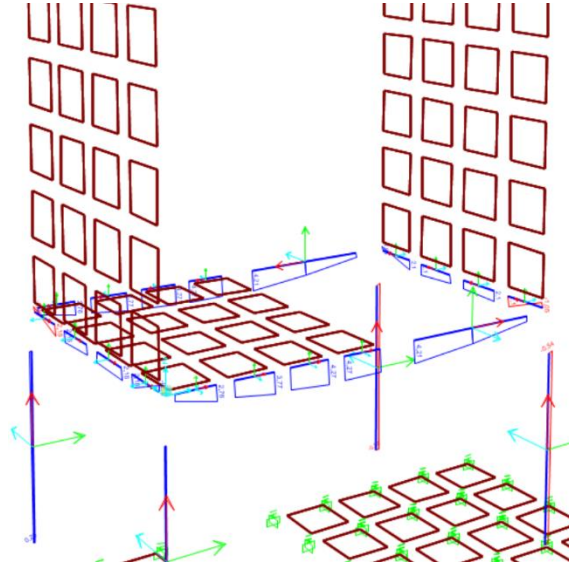


Momento de diseño (KN-m)

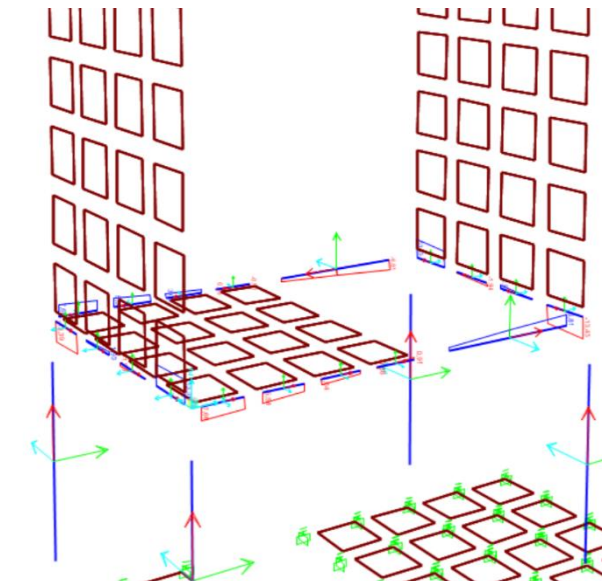


4.5.2.8.4. Esfuerzos en vigas

Momento 3-3 (KN-m)

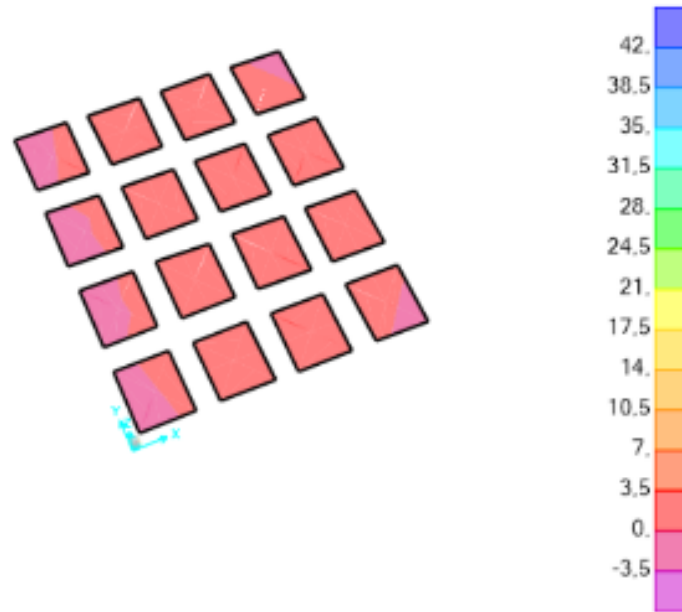


Cortante 2-2 (KN)

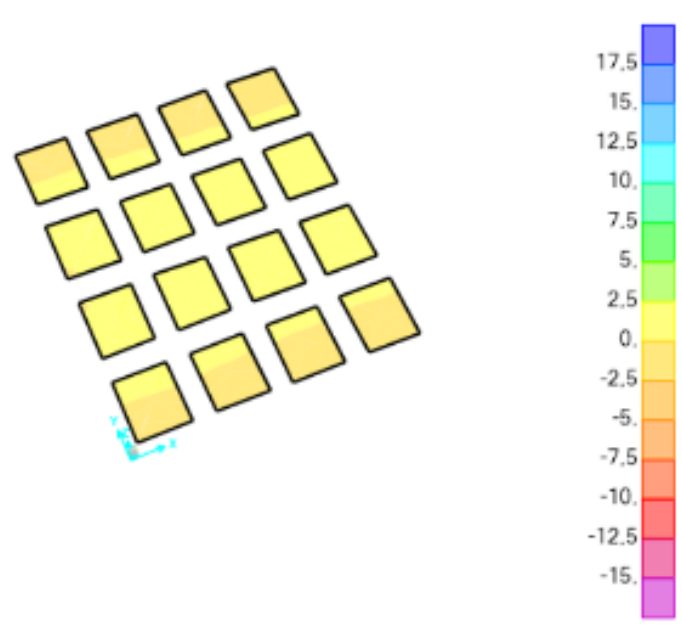


4.5.2.8.5. Esfuerzos en losas

Momento 1-1 (KN-m)

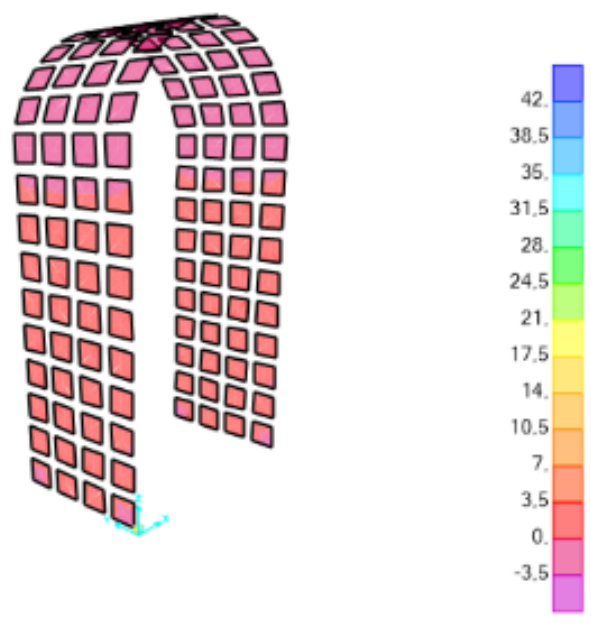


Momento 2-2 (KN-m)

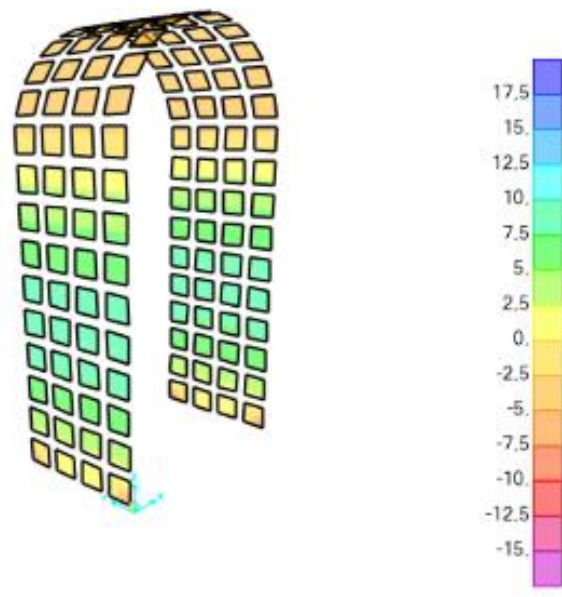


4.5.2.8.6. Esfuerzos en muros

Momento 1-1 (KN-m)

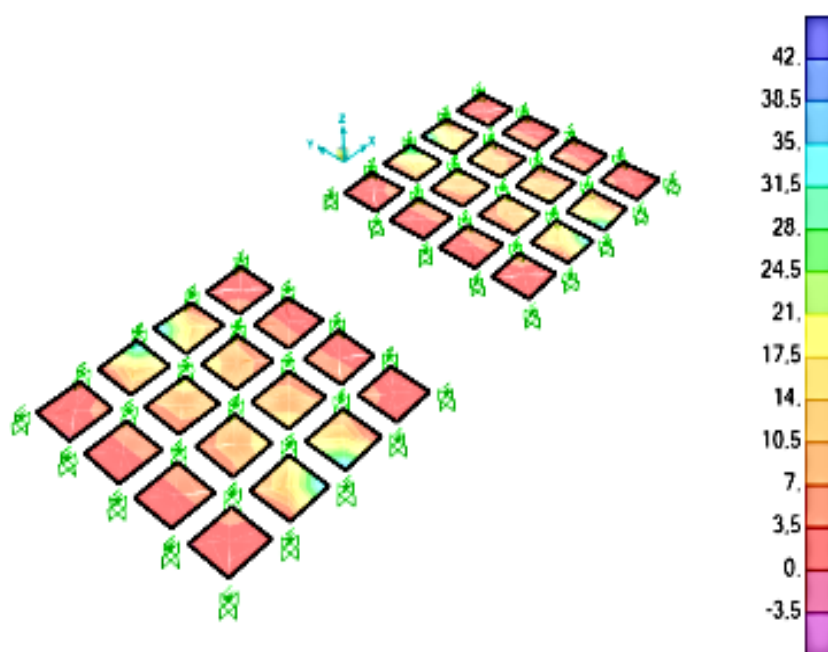


Momento 2-2 (KN-m)

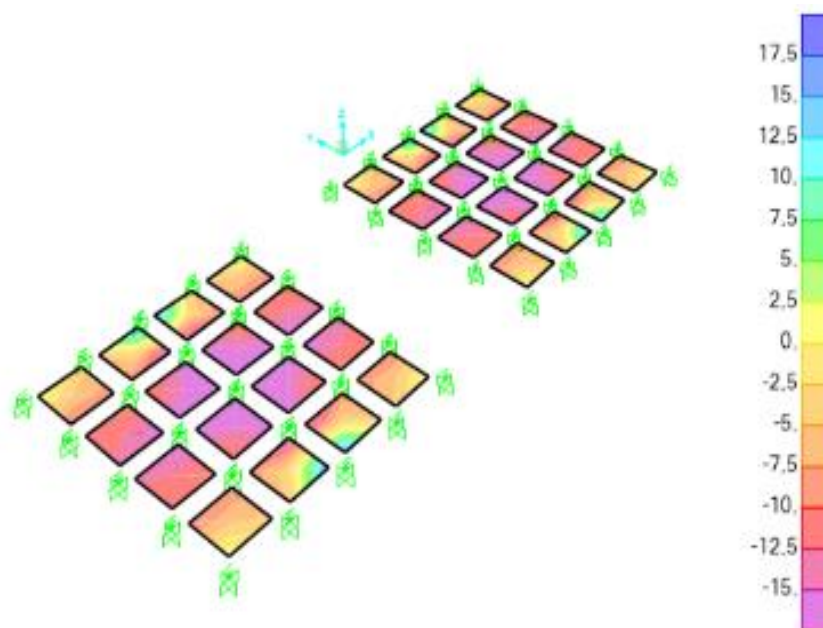


4.5.2.8.7. Esfuerzos en zapatas

Momento 1-1 (KN-m)



Momento 2-2 (KN-m)

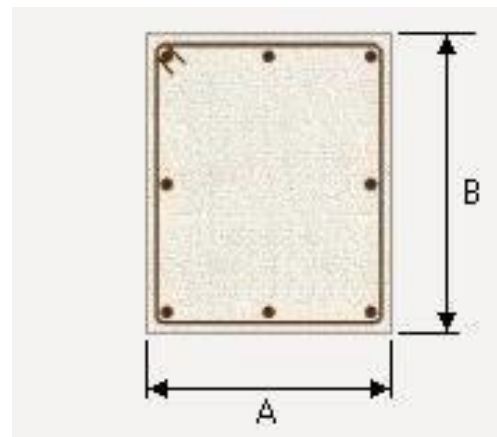


4.5.2.9. Diseño de elementos de hormigón armado

4.5.2.9.1. Columnas

Datos de entrada

Ancho de viga:	b	0,30	m
Altura de viga:	h	0,30	m
Recubriendo mecánico:	r	0,06	m
Resistencia de Hormigón:	fc	21,00	Mpa
Resistencia de Acero:	fy	500,00	Mpa
carga axial	Pu	7,50	Tn
Momento de diseño:	Mu	4,20	Tn*m



a) Distribución de barras

$$A_g := b \cdot h = 0.09 \text{ m}^2$$

$$barras := \begin{bmatrix} 1.6 & 1.2 & 1.6 \\ 1.2 & 0 & 1.2 \\ 1.6 & 1.2 & 1.6 \end{bmatrix} \text{ cm}$$

$$\phi := 0.65$$

b) Número de columnas de refuerzo

$$n := \text{cols}(barras) = 3$$

$$k := \text{rows}(barras) = 3$$

c) Área de cada barra de acero en forma de matriz:

$$A_{xi} := \pi \cdot \frac{barras^2}{4} = \begin{bmatrix} 2.011 & 1.131 & 2.011 \\ 1.131 & 0 & 1.131 \\ 2.011 & 1.131 & 2.011 \end{bmatrix} \text{ cm}^2 \quad i := 1 \dots n$$

d) Área de cada fila de barras que momento:

$$A_{xf} := \sum_{i=1}^k A_{xi} \hat{e}_i = [5.152 \quad 2.262 \quad 5.152] \text{ cm}^2$$

e) Área total del acero de refuerzo y cuantía:

$$A_{xt} := \sum_{i=1}^n A_{xf_{1,i}} = 12.566 \text{ cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{xt}}{A_g} \cdot 100 = 1.396$$

6. Ubicación de las filas de acero:

$$rec := 4 \text{ cm}$$

$$d_1 := rec + \frac{barras_{1,n}}{2} = 4.8 \text{ cm}$$

$$sep := \frac{h - 2 \cdot d_1}{n - 1} = 10.2 \text{ cm}$$

7. Creación de vector "d" con la ubicación de las filas de acero:

$$i := 2 \dots n \quad d_i := d_{i-1} + sep \quad d = \begin{bmatrix} 4.8 \\ 15 \\ 25.2 \end{bmatrix} \text{ cm}$$

8. Caso de compresión pura:

$$P_o := 0.85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + F_y \cdot A_{st}$$

$$\phi P_{nmax} := \phi \cdot 0.80 \cdot P_o$$

$$\phi P_{nmax} = 117.31 \text{ tonnesf}$$

$$d_n = 25.2 \text{ cm}$$

9. Caso de compresión y flexión:

$$\beta_1 := \max \left(\min \left(0.85, 0.85 - \frac{0.05 (f_c - 28 \text{ MPa})}{7 \text{ MPa}} \right), 0.65 \right) = 0.85$$

$$a := \frac{\epsilon_u \cdot d_n}{\epsilon_u + \epsilon_{ty}} = 13.745 \text{ cm}$$

$$c(a) := \frac{a}{\beta_1} \quad c(a) = 16.171 \text{ cm}$$

9.1 Esfuerzo en cada fila de acero:

$$f_s(i, a) := \left\| \begin{array}{l} \epsilon_s \leftarrow \epsilon_u \cdot \frac{c(a) - d_i}{c(a)} \\ \text{sign}(\epsilon_s) \min(E_s \cdot |\epsilon_s|, F_y) \end{array} \right\| \quad f_s(i, a) = \begin{bmatrix} 43.452 \\ -335 \end{bmatrix} \text{ MPa}$$

9.2 Calcular el factor de minoración:

$$d_t := \max(d') = 25.2 \text{ cm}$$

$$\phi(a) := \left\| \begin{array}{l} \varepsilon_t \leftarrow \varepsilon_u \cdot \frac{c(a) - d_t}{c(a)} \\ \phi \leftarrow \max \left(\min \left(0.9, 0.65 + 0.25 \cdot \frac{|\varepsilon_t| - \varepsilon_{ty}}{0.005 - \varepsilon_{ty}} \right), 0.65 \right) \end{array} \right\|$$

$$\phi(a) = 0.65$$

9.3 Capacidad axial minorada de la columna:

$$\phi P_n(a) := \min \left(\phi(a) \cdot \left(0.85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + \sum_{i=1}^n \left(A_{sf_{1,i}} \cdot f_s(i, a) \right) \right), \phi P_{nmax} \right)$$

$$\phi P_n(a) = 52.407 \text{ tonnef}$$

9.4 Momento resistente minorados:

$$\phi M_n(a) := \phi(a) \cdot \left(0.85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + \sum_{i=1}^n \left(A_{sf_{1,i}} \cdot f_s(i, a) \cdot \left(\frac{h}{2} - d_i \right) \right) \right)$$

$$\phi M_n(a) = 6.602 \text{ tonnef} \cdot m$$

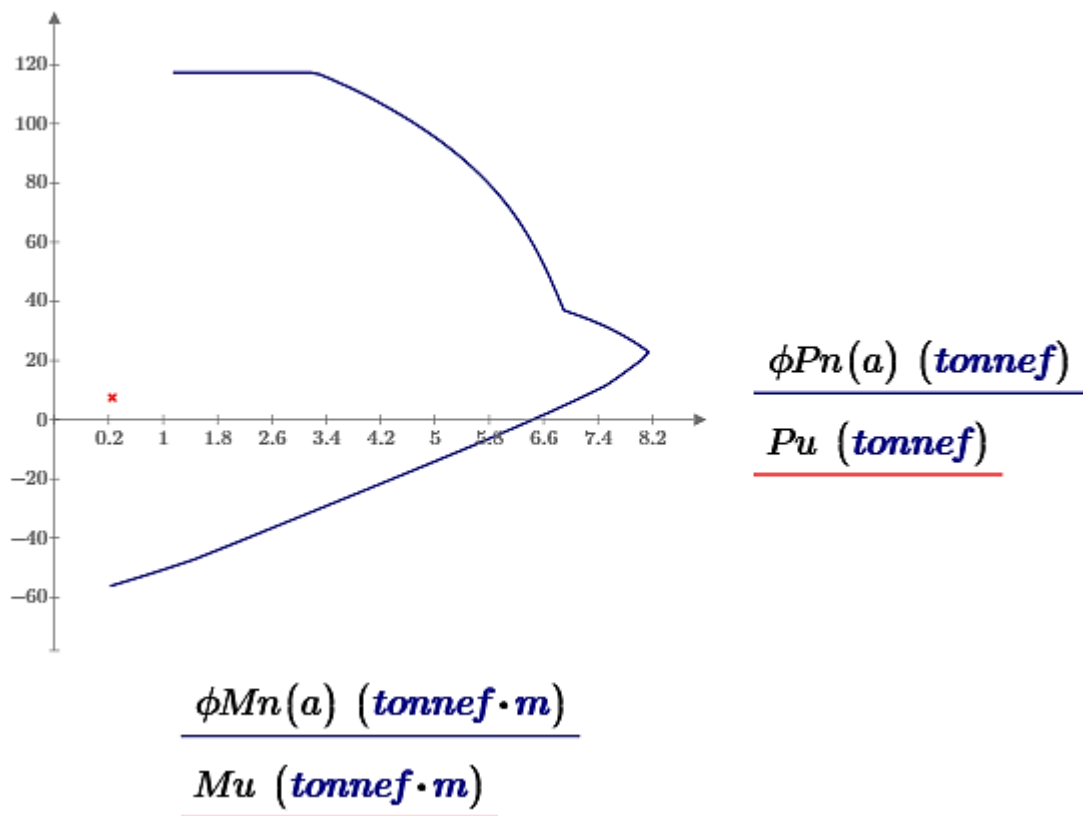
9.5 Creación de vector 'd' con la ubicación de las filas de acero:

$$a = 0, \frac{h}{100} \dots h \quad a = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.3 \\ 0.6 \\ 0.9 \\ 1.2 \\ 1.5 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ cm}$$

Diagrama de interacción

El diagrama de interacción de columnas es una herramienta crucial para evaluar la capacidad de carga de una columna bajo diferentes combinaciones de cargas axiales y momentos flexionantes. Este diagrama muestra la interacción entre la carga axial (N) y el momento flexionante (M) en la columna.

Usar: 4ø16mm+4ø12mm



Para que el diseño de una columna se considere adecuado (seguro), la combinación de efectos de acción (M, P) debe ser menor que la combinación de fuerzas de diseño (M_u , P_u) de la curva de interacción. Esto significa que si la posición de la M, El punto P en la gráfica está fuera de la curva, se considera que no cumple con este criterio y se considera inseguro.

4.5.2.9.2. Vigas

a) Datos de entrada

Ancho de viga:	b	0,25	m
Altura de viga:	h	0,30	m
Recubriendo mecánico:	r	0,06	m
Resistencia de Hormigón:	f_c	21,00	Mpa
Resistencia de Acero:	f_y	500,00	Mpa
Momento de diseño:	M_u	4,20	Kn*m

b) Procedimiento

Valores de para la distribución equivalente de esfuerzos en el concreto:

$$\beta_1 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } 17 \cdot \text{MPa} \leq f_c \leq 28 \cdot \text{MPa} \\ \quad \left\| \beta_1 \leftarrow 0.85 \right. \\ \text{else if } 28 \cdot \text{MPa} < f_c < 55 \cdot \text{MPa} \\ \quad \left\| \beta_1 \leftarrow 0.85 - \frac{0.05 \cdot (f_c - 28 \cdot \text{MPa})}{7 \cdot \text{MPa}} \right. \\ \text{else if } f_c \geq 55 \cdot \text{MPa} \\ \quad \left\| \beta_1 \leftarrow 0.65 \right. \\ \text{else} \\ \quad \left\| \beta_1 \leftarrow \text{"fc no esta en el intervalo"} \right. \end{array} \right\| = 0.85$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\lambda = 0.85$$

$$\varepsilon_u = 0.003$$

$$\varepsilon_y = 0.0055$$

$$\rho_{max} = \lambda \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_u + \varepsilon_y} \right) \quad \rho_{max} = 0.0107$$

$$d = h - r = 0.24 \text{ m}$$

$$As_{max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d$$

$$As_{max} = 6.43 \text{ cm}^2$$

$$\gamma = 0.85$$

$$\phi M_{max} = 0.9 \cdot As_{max} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{As_{max} \cdot f_y}{2 \gamma \cdot f_c \cdot b} \right) \quad \phi M_{max} = 58.991 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A = 0.85 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{f_c}{f_y} \right) \cdot \left(1 - \sqrt{1 + \frac{2 \cdot M_U}{0.9 \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right) = 0.39 \text{ cm}^2$$

Área mínima:

$$As_{min} = \max \left(0.25 \cdot \frac{\sqrt[2]{f_c \cdot \text{MPa}}}{f_y} \cdot b \cdot d \cdot \text{MPa}, \frac{1.4}{f_y} \cdot b \cdot d \cdot \text{MPa} \right)$$

$$As_{min} = 1.68 \text{ cm}^2$$

$$As := \begin{cases} \text{if } M_U > \phi M_{max} \\ \quad || \quad As \leftarrow \text{"SECCION DOBLEMENTE ARMADO"} \\ \text{else if } M_U < \phi M_{max} \\ \quad || \quad As \leftarrow \frac{0.9 \cdot d - \sqrt{0.81 \cdot d^2 - \frac{1.8 \cdot M_U}{\gamma \cdot f_c \cdot b}}}{\frac{0.9 \cdot f_y}{\gamma \cdot f_c \cdot b}} \end{cases}$$

$$Seccion := As$$

$$As = (3.92 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^2$$

Cálculo de (a):

$$a := \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b} = 0.44 \text{ cm}$$

Cálculo de (c):

$$c := \frac{a}{\beta_1} = 0.52 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_t := \frac{\varepsilon_u}{c} \cdot d - \varepsilon_u = 0.1362$$

$$\varepsilon_{ty} := \frac{f_y}{E_s} = 0.0025$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa}$$

Cálculo de factor de reducción por resistencia:

$$\phi := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_t \leq \varepsilon_{ty} \\ \quad || \quad \phi \leftarrow 0.65 \\ \text{if } \varepsilon_{ty} < \varepsilon_t < \varepsilon_{ty} + 0.003 \\ \quad || \quad \phi \leftarrow 0.65 + 0.25 \cdot \frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{0.003} \\ \text{if } \varepsilon_t > \varepsilon_{ty} + 0.003 \\ \quad || \quad \phi \leftarrow 0.9 \end{cases} = 0.9$$

Cuantía de diseño por flexión:

$$Asd := \max(As, As_{min})$$

$$Asd = 1.68 \text{ cm}^2$$

c) Resultados

$$Seccion = 0.39 \text{ cm}^2$$

$$A_{minima} := As_{min} = 1.68 \text{ cm}^2$$

$$A_{traccion} := Asd = 1.68 \text{ cm}^2$$

Usar: 2ø12mm+2ø10mm

d) Diseño a corte de H°A° según ACI 318-19

Ancho de viga:	b	0,25	m
Altura de viga:	h	0,30	m
Recubriendo mecánico:	r	0,06	m
Resistencia de Hormigón:	fc	21,00	Mpa
Resistencia de Acero:	fy	500,00	Mpa
Momento de diseño:	Mu	4,20	Kn*m

e) Procedimiento

$$d := h - r$$

Cortante de diseño

$$V_U := 18 \text{ kN}$$

Para corte ACI 21.2

$$\phi_c := 0.75$$

Para concreto de peso normal

$$N_U := 0 \text{ MN} \quad \lambda := 1$$

$$V_c := \frac{\sqrt{f_c \cdot \text{MPa}}}{6} \cdot b \cdot d = 74.792 \text{ kN} \quad v_c := \frac{\sqrt{f_c \cdot \text{MPa}}}{6} \cdot b \cdot d = 45.826 \text{ kN}$$

$$V_{c1} := \left(0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{1}{\text{MPa}}} \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} + \frac{N_U}{6 \cdot b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d = 46.742 \text{ kN} \quad \phi_c \cdot v_c = 34.369 \text{ kN}$$

$$V_{Cmax} := 0.42 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{1}{\text{MPa}}} \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \cdot b \cdot d = 115.481 \text{ kN}$$

$$V_C := \left\| \begin{array}{l} \text{if } V_{c1} \leq V_{Cmax} \\ \left\| \begin{array}{l} \text{if } \frac{N_U}{6 \cdot b \cdot d} \leq 0.05 \cdot f_c \\ \left\| V_C \leftarrow V_{c1} \right. \right. \\ \text{else} \\ \left\| V_C \leftarrow \text{"ERROR, } V_c > V_{Cmax} \text{"} \right. \end{array} \right. \end{array} \right\| = 46.74 \text{ kN}$$

$$V_C := \min(V_{c1}, V_{Cmax}) = 46.74 \text{ kN}$$

CONTROL DE LA SECCION:

$$\begin{aligned}
 \text{verificacion} := & \left\| \begin{array}{l} \text{if } V_U \leq \phi_c \cdot \left(V_C + 0.66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{1}{\text{MPa}} \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \cdot b \cdot d \right) \\ \quad \left\| \text{verificacion} \leftarrow \text{"ok, Dimensiones de la Seccion transversal"} \right. \\ \text{else} \\ \quad \left\| \text{verificacion} \leftarrow \text{"Error, Dimensiones de la Seccion no adecuadas"} \right. \end{array} \right\| \\
 & \text{verificacion} = \text{"ok, Dimensiones de la Seccion transversal"}
 \end{aligned}$$

DISEÑO POR CORTE:

$$V_{S_REQ} := V_U - \phi_c \cdot V_C = -17.0567 \text{ kN} \quad d = 0.24 \text{ m} \quad d_t := 6 \text{ mm}$$

$$A_{estribo} := 2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_t^2 \right) = 0.565 \text{ cm}^2$$

$$S := \frac{A_{estribo} \cdot f_y \cdot d}{V_{S_REQ}} = -39.784 \text{ cm}$$

$$A_v := \frac{V_{S_REQ} \cdot S}{f_y \cdot d} = 0.565 \text{ cm}^2$$

$$V_S := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = -17.0567 \text{ kN}$$

$$V_n := V_C + V_S = 29.686 \text{ kN}$$

$$V_C = 46.742 \text{ kN}$$

$$\boxed{V_{S_REQ}} := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = -17.057 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{razon} := & \left\| \begin{array}{l} \text{if } V_U \leq \phi_c \cdot V_n \\ \quad \left\| \text{razon} \leftarrow \frac{V_U}{\phi_c \cdot V_n} \right. \\ \text{else} \\ \quad \left\| \text{razon} \leftarrow \text{"ERROR, acero insuficiente"} \right. \end{array} \right\| = 0.808
 \end{aligned}$$

$$A_{v_S} := \frac{V_U - \phi_c \cdot V_C}{\phi_c \cdot f_y \cdot d} = -0.019 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

capacidad por corte:

$$\phi_c \cdot V_n = 22.26 \text{ kN}$$

$$razon = 0.808$$

cortante solicitante:

$$V_U = 18 \text{ kN}$$

Relación Av/s requerido:

$$A_{v_s} = -0.019 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

LIMITES DE REFUERZO POR CORTE

$$A_{V_{min}} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } V_U > \phi_c \cdot \lambda \cdot 0.085 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{1}{\text{MPa}} \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \cdot b \cdot d \\ \left\| A_{V_{min}} \leftarrow \max \left(0.062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{1}{\text{MPa}} \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{b}{f_y}, 0.35 \cdot \frac{b}{f_y} \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \right) \right\| \end{array} \right\| = 0.018 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

Refuerzo mínimo por corte:

$$A_{V_{min}} = 0.018 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

El área mínima de refuerzo es un aspecto crítico del diseño de estructuras de concreto armado para garantizar su seguridad y desempeño adecuados.

SEPARACION MAXIMA POR CORTE

$$S_{max} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } V_{S_REQ} \leq 0.33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{1}{\text{MPa}} \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \cdot b \cdot d \\ \left\| S_{max} \leftarrow \min \left(\frac{d}{2}, 600 \text{ mm} \right) \right\| \\ \text{if } V_{S_REQ} > 0.33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{1}{\text{MPa}} \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \cdot b \cdot d \\ \left\| S_{max} \leftarrow \min \left(\frac{d}{4}, 300 \text{ mm} \right) \right\| \end{array} \right\| = 12 \text{ cm}$$

Usar: $\emptyset 6$ c/12cm

4.5.2.9.3. Losas macizas

a) Datos de entrada:

ancho efectivo:	b	1,00	m
espesor losa:	h	0,10	m
Recubriendo mecánico:	r	0,04	m
Resistencia de Hormigón:	fc	21,00	Mpa
Resistencia de Acero:	fy	500,00	Mpa
diámetro acero:	D	12,00	mm
número de barras:	n	5,00	
Momento de diseño:	Mu	2,50	Kn*m

b) Procedimiento:

$$d := h - r = 0.06 \text{ m} \quad \phi := 0.9$$

$$A_S := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot n = 5.65 \text{ cm}^2$$

$$N_{CU} := F_{SU}$$

$$F_{SU} := \phi \cdot f_y \cdot A_S = 0.254 \text{ MN}$$

$$y := \frac{N_{CU}}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b} = 0.016 \text{ m}$$

$$z := h - r - 0.5 \cdot y = 0.052 \text{ m}$$

$$A_{S1} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot y \cdot b}{f_y} = 5.65 \text{ cm}^2$$

$$M_R := N_{CU} \cdot z = 13.253 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Prueba:

$$A_{SR} := 0.85 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{f_c}{f_y} \right) \cdot \left(1 - \sqrt{1 + \frac{2 \cdot M_R}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right) = 5.65 \text{ cm}^2$$

$$\text{prueba} := \begin{cases} \text{if } M_U \leq M_R \\ \quad \parallel \text{prueba} \leftarrow \text{"ok"} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{prueba} \leftarrow \text{"Revisar el diseño"} \end{cases}$$

c) Resultados

$$M_U = 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_R = 13.253 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad A_{SR} = 5.65 \text{ cm}^2$$

prueba = "ok"

$$d_t := 9.5 \text{ mm}$$

$$sep := \frac{b - 2 \cdot r - 2 \cdot d_t - n \cdot D}{n - 1} = 21.025 \text{ cm}$$

Usar: 5ø12mm c/20 cm

4.5.2.9.4. Muros y bóveda de hormigón armado

a) Datos de entrada:

ancho efectivo:	b	1,00	m
espesor losa:	h	0,30	m
Recubriendo mecánico:	r	0,04	m
Resistencia de Hormigón:	fc	21,00	Mpa
Resistencia de Acero:	fy	500,00	Mpa
diámetro acero:	D	12,00	mm
número de barras:	n	4,00	
Momento de diseño:	Mu	42,00	Kn*m

2. Procedimiento:

$$d := h - r = 0.26 \text{ m} \quad \phi := 0.9$$

$$A_S := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot n = 5.65 \text{ cm}^2$$

$$F_{SU} := \phi \cdot f_y \cdot A_S = 0.254 \text{ MN} \quad N_{CU} := F_{SU}$$

$$y := \frac{N_{CU}}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b} = 0.016 \text{ m} \quad z := h - r - 0.5 \cdot y = 0.252 \text{ m}$$

$$A_{S1} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot y \cdot b}{f_y} = 5.65 \text{ cm}^2$$

$$M_R := N_{CU} \cdot z = 64.147 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Prueba:


```

prueba := if  $M_U \leq M_R$ 
           ||  $prueba \leftarrow \text{"ok"}$ 
           else
           ||  $prueba \leftarrow \text{"Revisar el dise\~{n}o"}$ 

```

$$M_U = 42 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_R = 64.147 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad A_{SR} = 5.65 \text{ cm}^2$$

prueba = "ok"

$$d_t := 9.5 \text{ mm} \quad sep := \frac{b - 2 \cdot r - 2 \cdot d_t - n \cdot D}{n - 1} = 21.025 \text{ cm}$$

Con los resultados obtenidos del programa, se logró encontrar la carga resultante “P” haciendo una sumatoria de cargas de las pequeñas áreas extruidas, dando un valor de 17,86 ton. Cabe recalcar que el cálculo de aceros será para un metro de zapata.

a) Datos de entrada:

$$\sigma_s := 1.14 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

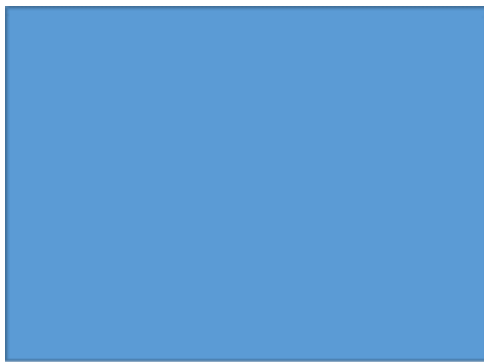
$$P := 17.86 \text{ tonnef}$$

b) Procedimiento:

Comprobación de la sección que cumple para un metro de zapata.

$$A_{zap} := \frac{P}{\sigma_s} \cdot 0.5 = 0.78 \text{ m}^2$$

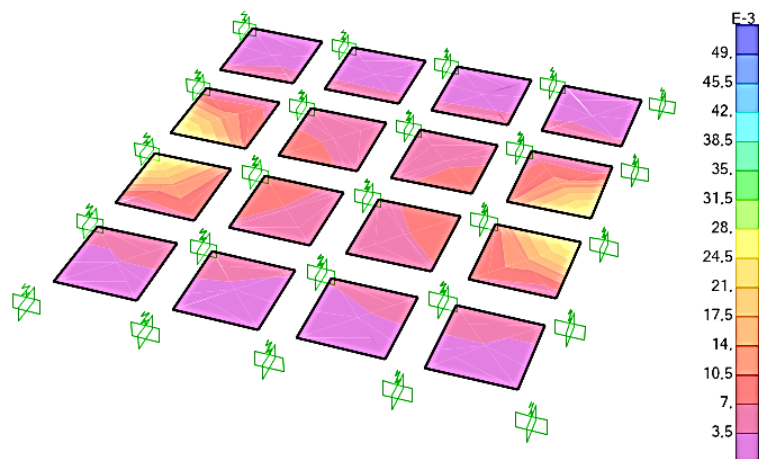
$$b := \sqrt[2]{A_{zap}} = 0.885 \text{ m} \quad 0.885 \text{ m} < 1 \text{ m}$$



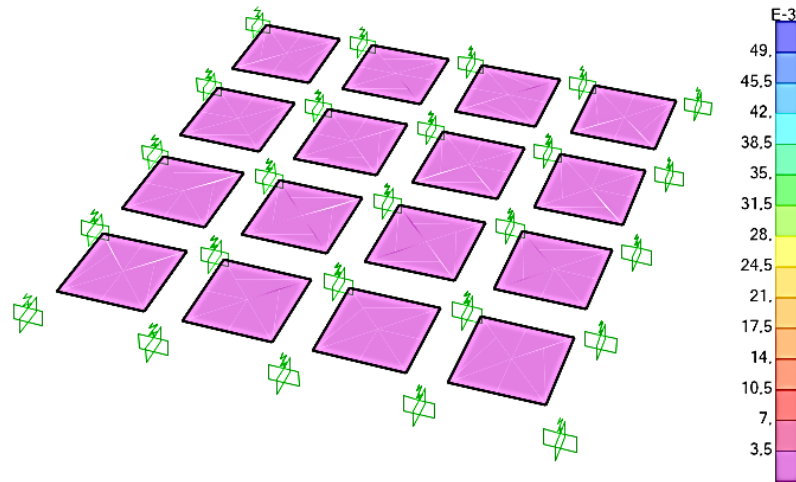
b

b

Calculo de aceros



Parrilla inferior

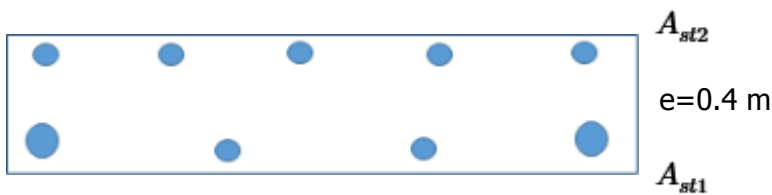


Parrilla superior

$$A_{s1} := 0.0315 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{1 \text{ m}} = (3.15 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \quad A_{st1} := 3.15 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad \text{inf}$$

$$A_{s2} := 0.0315 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{1 \text{ m}} = (3.15 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \quad A_{st2} := 0.35 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad \text{sup}$$

Utilizaremos acero mínimo para la parrilla superior



Usar: 2 ϕ 12mm + 2 ϕ 10mm

4.5.2.9.6. Tanque de bombeo

Es una estructura diseñada para contener líquidos, como agua, productos químicos, o cualquier otro fluido. Estos tanques están contruidos con hormigón reforzado, lo que los hace robustos y duraderos. A continuación, presentaremos el predimensionamiento correspondiente:

a) Datos de entrada:

$$L := 20 \text{ m}$$

$$R := 50 \text{ m}$$

$$H := 2.3 \text{ m}$$

$$H_d := 1.7 \text{ m}$$

$$K_f := 0.0041 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

L = longitud de la galería

R = radio de influencia

H = altura de la galería

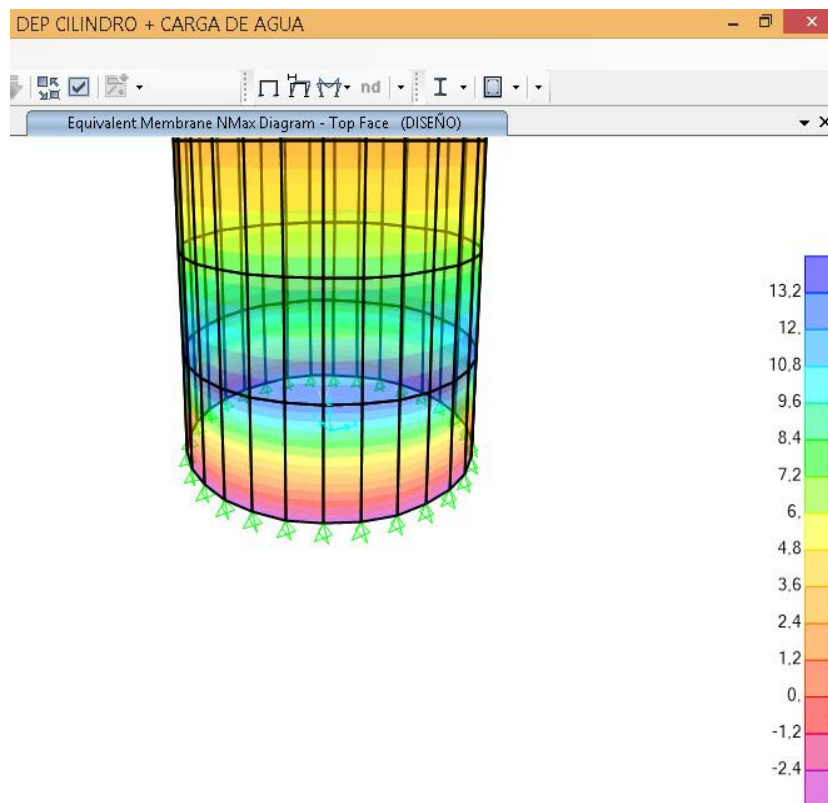
Hd = altura de abatimiento

Kf = coeficiente de permeabilidad

$$Q := \frac{L \cdot (H^2 - H_d^2) \cdot K_f}{R} = 3.936 \frac{l}{s} \quad Q_{asum} := 4 \frac{l}{s}$$

$$Q_h := Q_{asum} \cdot \frac{3600}{1} \frac{s}{hr} = 14.4 \frac{m^3}{hr}$$

Nota: utilizaremos 1.5 m de altura de tanque debido a que el agua será bombeada a un tanque de almacenamiento ubicado en la parte superior de la galería.



Momentos máximos

c) Datos de entrada:

ancho efectivo:	b	1,00	m
espesor de losa:	h	0,20	m
Recubriendo mecánico:	r	0,04	m
Resistencia de Hormigón:	fc	21,00	Mpa
Resistencia de Acero:	fy	500,00	Mpa
diámetro acero:	D	12,00	mm
número de barras:	n	3,00	
Momento de diseño:	Mu	13,20	Kn*m

d) Procedimiento:

$$d := h - r = 0.16 \text{ m} \quad \phi := 0.9$$

$$A_S := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot n = 3.39 \text{ cm}^2$$

$$F_{SU} := \phi \cdot f_y \cdot A_S = 0.153 \text{ MN}$$

$$N_{CU} := F_{SU}$$

$$z := h - r - 0.5 \cdot y = 0.155 \text{ m}$$

$$y := \frac{N_{CU}}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b} = 0.01 \text{ m}$$

$$A_{S1} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot y \cdot b}{f_y} = 3.39 \text{ cm}^2$$

$$M_R := N_{CU} \cdot z = 23.703 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Prueba:

$$A_{SR} := 0.85 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{f_c}{f_y} \right) \cdot \left(1 - \sqrt{1 + \frac{2 \cdot M_R}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right) = 3.39 \text{ cm}^2$$

$$prueba := \left\| \begin{array}{l} \text{if } M_U \leq M_R \\ \quad \left\| prueba \leftarrow \text{"ok"} \right\| \\ \text{else} \\ \quad \left\| prueba \leftarrow \text{"Revisar el dise\~no"} \right\| \end{array} \right\|$$

e) Resultados:

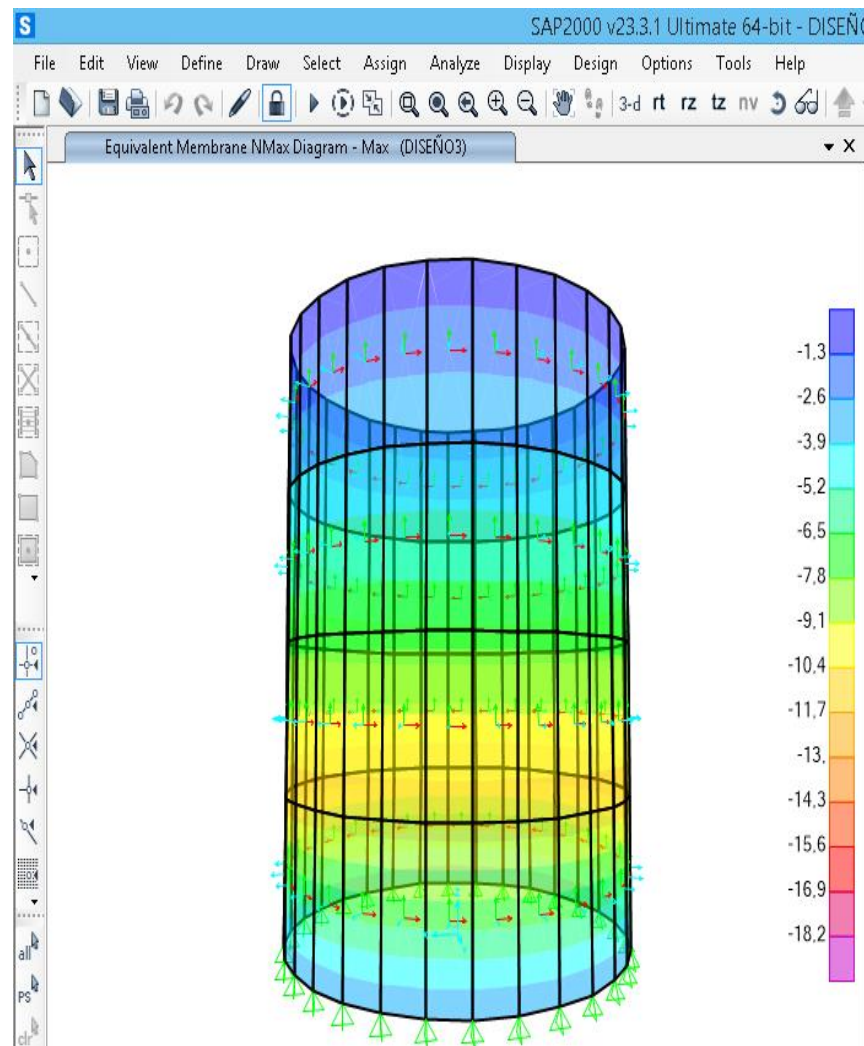
$$M_U = 13.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_R = 23.703 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad A_{SR} = 3.39 \text{ cm}^2 \quad prueba = \text{"ok"}$$

$$d_t := 9.5 \text{ mm} \quad sep := \frac{b - 2 \cdot r - 2 \cdot d_t - n \cdot D}{n - 1} = 43.25 \text{ cm}$$

Usar: 3Ø12mm c/40 cm

4.5.2.9.7. Estructura tipo cáscara

Comprende toda la circunferencia de muro que permite el acceso al interior de la galería.



Momentos máximos

a) Datos de entrada:

ancho efectivo:	b	1,00	m
espesor de losa:	h	0,20	m
Recubriendo mecánico:	r	0,04	m
Resistencia de Hormigón:	fc	21,00	Mpa
Resistencia de Acero:	fy	500,00	Mpa
diámetro acero:	D	12,00	mm
número de barras:	n	3,00	
Momento de diseño:	Mu	18,20	Kn*m

b) Procedimiento:

$$d := h - r = 0.16 \text{ m} \quad \phi := 0.9$$

$$A_S := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot n = 3.39 \text{ cm}^2$$

$$F_{SU} := \phi \cdot f_y \cdot A_S = 0.153 \text{ MN}$$

$$N_{CU} := F_{SU}$$

$$y := \frac{N_{CU}}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b} = 0.01 \text{ m}$$

$$z := h - r - 0.5 \cdot y = 0.155 \text{ m}$$

$$A_{S1} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot y \cdot b}{f_y} = 3.39 \text{ cm}^2$$

$$M_R := N_{CU} \cdot z = 23.703 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Prueba

$$A_{SR} := 0.85 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{f_c}{f_y} \right) \cdot \left(1 - \sqrt{1 + \frac{2 \cdot M_R}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right) = 3.39 \text{ cm}^2$$

$$prueba := \left\| \begin{array}{l} \text{if } M_U \leq M_R \\ \quad \left\| \begin{array}{l} prueba \leftarrow \text{"ok"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| prueba \leftarrow \text{"Revisar el dise\~no"} \end{array} \right\| \end{array} \right\|$$

c) Resultados:

$$M_U = 18.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_R = 23.703 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad A_{SR} = 3.39 \text{ cm}^2 \quad prueba = \text{"ok"}$$

$$d_t := 9.5 \text{ mm} \quad sep := \frac{b - 2 \cdot r - 2 \cdot d_t - n \cdot D}{n - 1} = 43.25 \text{ cm}$$

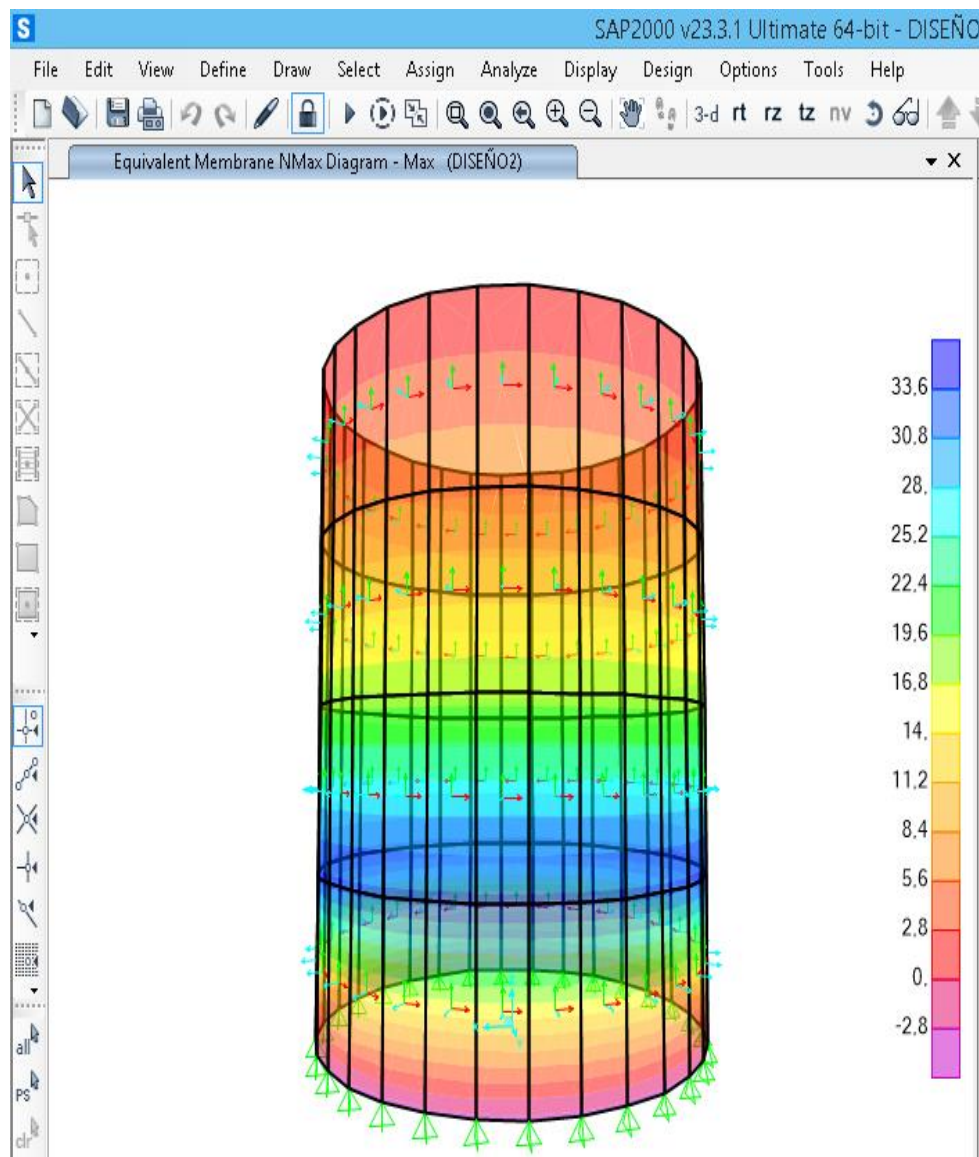
Usar: 3ø12mm c/40 cm

4.5.2.9.8. Tanque de almacenamiento

Para diseñar un tanque cilíndrico de 50 m³ destinado a almacenar agua, podemos calcular las dimensiones específicas que se adaptarían a esa capacidad.

Donde:

- ✓ V = es el volumen (50 m³ en este caso).
- ✓ R = 2m es el radio del cilindro.
- ✓ h = 4m es la altura del cilindro.
- ✓ π = es aproximadamente 3.1416.



Momentos máximos

a) Datos de entrada:

ancho efectivo:	b	1,00	m
espesor de losa:	h	0,25	m
Recubriendo mecánico:	r	0,04	m
Resistencia de Hormigón:	fc	21,00	Mpa
Resistencia de Acero:	fy	500,00	Mpa
diámetro acero:	D	12,00	mm
número de barras:	n	4,00	
Momento de diseño:	Mu	33,6	Kn*m

b) Procedimiento:

$$d := h - r = 0.21 \text{ m} \quad \phi := 0.9$$

$$A_S := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot n = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$F_{SU} := \phi \cdot f_y \cdot A_S = 0.204 \text{ MN}$$

$$N_{CU} := F_{SU}$$

$$y := \frac{N_{CU}}{0.85 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b} = 0.013 \text{ m}$$

$$z := h - r - 0.5 \cdot y = 0.204 \text{ m}$$

$$A_{S1} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot y \cdot b}{f_y} = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$M_R := N_{CU} \cdot z = 41.461 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Prueba

$$A_{SR} := 0.85 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{f_c}{f_y} \right) \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_R}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right) = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{prueba} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } M_U \leq M_R \\ \quad \left\| \text{prueba} \leftarrow \text{"ok"} \right\| \\ \text{else} \\ \quad \left\| \text{prueba} \leftarrow \text{"Revisar el diseño"} \right\| \end{array} \right\|$$

c) Resultados:

$$M_U = 33.6 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_R = 11.461 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad A_{sR} = 4.52 \text{ cm}^2 \quad \text{prueba} = \text{"ok"}$$

$$d_t := 9.5 \text{ mm} \quad sep := \frac{b - 2 \cdot r - 2 \cdot d_t - n \cdot D}{n - 1} = 28.433 \text{ cm}$$

Usar: 4Ø12mm c/30 cm

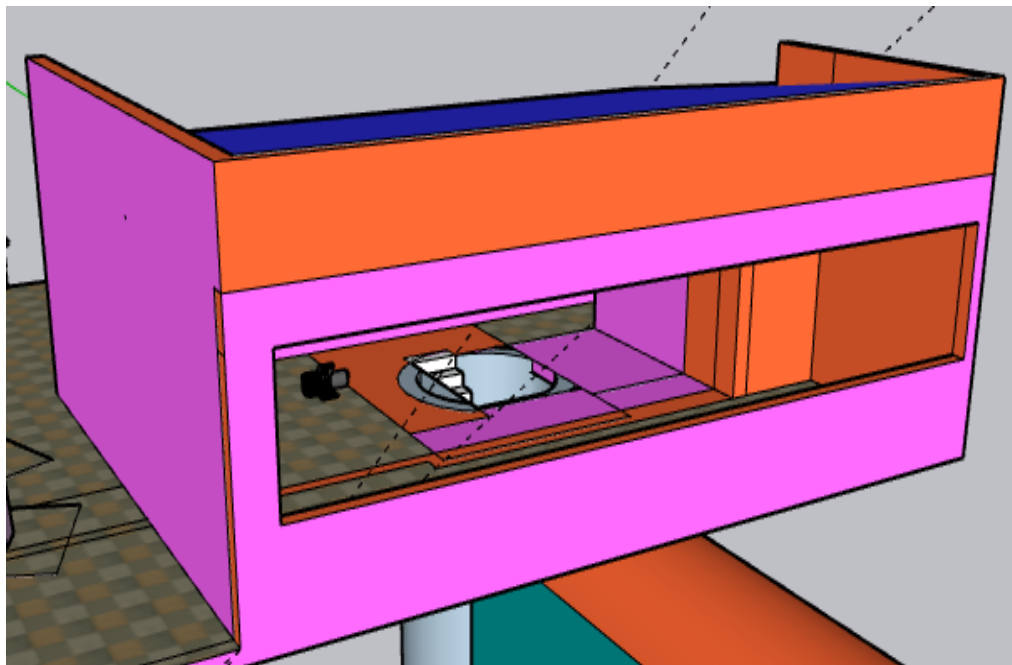
4.5.2.9.9. Caseta de control

Una caseta de control es una estructura diseñada para albergar equipos y personal encargado de supervisar y controlar operaciones específicas en diversos entornos, como instalaciones industriales, plantas de producción, sitios de construcción, puertos, aeropuertos, entre otros.

Las casetas de control pueden variar en tamaño y diseño dependiendo de las necesidades específicas del sitio y las operaciones que supervisan. Algunas son pequeñas y portátiles, mientras que otras son más grandes y permanentes, construidas con materiales duraderos como el acero o el hormigón para resistir condiciones ambientales adversas.

Figura 4.21

Caseta de control del sistema de captación



Modelado en 3D por medio del programa Sketchup

4.5.2.9.10. Planos constructivos

Los planos constructivos son documentos técnicos que contienen información detallada sobre la construcción de un edificio o estructura. El siguiente proyecto contempla los siguientes planos de galería filtrante, tanque de almacenamiento y caseta de control, ubicados en el apartado de anexos “F”.

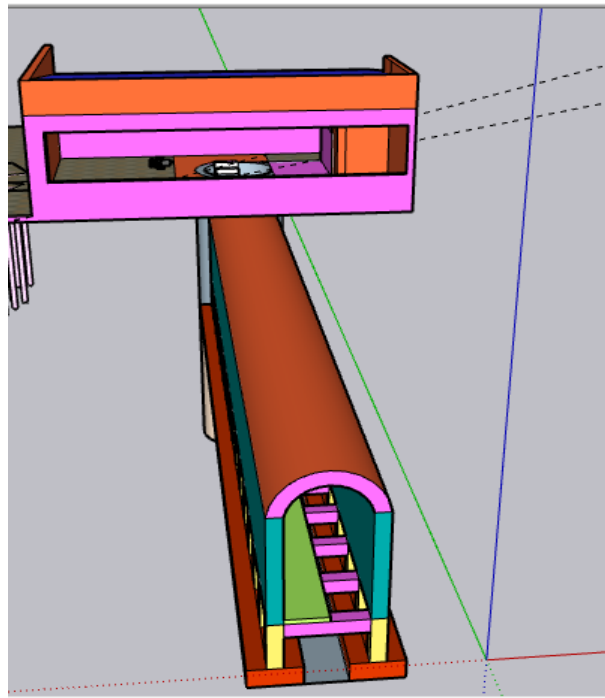
a) Planos Arquitectónicos: Estos planos muestran la distribución espacial del edificio, incluyendo las paredes, divisiones, puertas, ventanas y otros elementos arquitectónicos. También pueden incluir detalles de acabados, como revestimientos de pisos y paredes.

b) Planos Estructurales: Estos planos detallan la estructura del edificio, incluyendo los cimientos, columnas, vigas, losas y otros elementos estructurales. Proporcionan información sobre cómo se construirá y sostendrá el edificio, asegurando su estabilidad y resistencia.

c) Planos Eléctricos: Estos planos muestran la ubicación de los puntos de luz, enchufes, interruptores y otros elementos eléctricos en el edificio. También pueden incluir diagramas de cableado y especificaciones técnicas para la instalación eléctrica.

Figura 4.22

Modelo tridimensional de la galería filtrante



Modelado en 3D por medio del programa Sketchup

4.6. COSTOS Y PRESUPUESTOS DE OBRA

La información de costos y presupuestos es crucial para las empresas, ya que proporciona datos detallados sobre aspectos como volumen, precios, ingresos y gastos, lo que facilita la toma de decisiones más asertivas y permite una visión clara para alcanzar ventajas competitivas sostenibles. Además, el presupuesto permite visualizar diferentes escenarios futuros, ajustar la estructura operativa según los objetivos y facilitar el seguimiento periódico, lo que promueve la toma de decisiones efectivas, el mejoramiento continuo y el diseño de estrategias empresariales.

El tiempo de duración de construcción de la obra según el cronograma establecido es de 80 días hábiles (ver anexo “E”), y el costo total de la obra (ver anexo “D”) será de 656,540.20 Bs. también contará con especificaciones técnicas (ver anexo “D”). A continuación, se presentará un resumen general de costos del proyecto.

Tabla 4.12

Resumen de costos de la obra

1. GALERIA FILTRANTE					
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Precio Total
1.1.	INSTALACION DE FAENAS	M2	16.00	260.72	4,171.55
1.2.	LIMPIEZA DE TERRENO	M2	408.00	3.98	1,622.62
1.3.	REPLANTEO	M2	57.60	15.52	893.84
1.4.	EXCAVACION CON EXCAVADORA CAT225	M3	403.00	36.50	14,707.89
1.5.	ENTIBADO POR DEBAJO DE LOS 2 M	M2	149.60	121.88	18,232.50
1.6.	HORMIGON POBRE P/BASE DE ZAPATAS	M3	4.87	716.04	3,487.13
1.7.	ZAPATAS DE H°A° DOSIF:1:2:3	M3	13.20	3,440.49	45,414.49
1.8.	COLUMNA DE H°A°	M3	2.88	4,658.88	13,417.58
1.9.	VIGA DE ARRIOSTRE H°A°	M3	4.79	3,508.64	16,806.40
1.10.	MUROS DE H°A°	M3	24.22	4,619.79	111,891.22
1.11.	BOVEDA DE H°A°	M3	10.89	4,565.33	49,716.41
1.12.	LOSAS H°A° DOSIF:1:2:3	M3	1.32	4,847.64	6,398.88
1.13.	PROV. COLOCADO DE GRAVA PARA PERMEABILIDAD	M3	22.44	404.74	9,082.34
1.14.	TANQUE DE BOMBEO H°A°	M3	7.37	4,681.93	34,505.82
1.15.	ESTRUCTURA TIPO CASCARA DE H°A°	M3	11.23	2,206.28	24,776.51
1.16.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO H°A°	M3	23.38	4,495.50	105,104.81
1.17.	PROV. Y COLOCADO DE ESCALERA MARINERA P/TANQUE DE ALM.	M2	3.50	1,338.64	4,685.24
	Subtotal 1. GALERIA FILTRANTE				464,915.23

2. CASETA DE CONTROL					
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Precio Total
2.1.	REPLANTEO	M2	99.00	15.52	1,536.28
2.2.	EXCAVACION CIMENTOS	M3	6.36	128.60	817.92
2.3.	ZAPATAS DE HºAº	M3	2.05	2,995.97	6,141.73
2.4.	VIGA DE ARRIOSTRE HºAº	M3	2.77	3,599.93	9,971.80
2.5.	COLUMNA DE HORMIGON ARMADO	M3	3.78	4,404.87	16,650.40
2.6.	VIGA DE ENCADENADO DE HºAº	M3	1.87	2,304.00	4,308.48
2.7.	MURO DE LADRILLO 6H E=12 CM	M2	112.38	153.23	17,219.88
2.8.	CUBIERTA CALAMINA ONDULADA GALV.Nº28	M2	99.00	259.67	25,707.03
2.9.	PISO DE HORMIGON E=10 CM	M3	4.00	2,147.30	8,589.22
2.10.	COLOCADO DE PUERTA DE MADERA	M2	3.36	945.23	3,175.99
2.11.	CARPINTERIA DE ALUMINIO INCLUYE VIDRIO 4 MM	M2	15.56	620.20	9,650.27
2.12.	PINTURA INTER Y EXT	M2	224.76	41.48	9,323.04
2.13.	PROV. Y COLOCADO DE ESCALERA METALICA	PZA	2.00	30,590.64	61,181.28
2.14.	INSTALACION ELECTRICA DE LUMINARIAS	PTO	13.00	265.62	3,453.02
2.15.	INSTALACION ELECTRICA DE TOMACORRIENTES	PTO	8.00	229.98	1,839.80
2.16.	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL	PTO	1.00	544.45	544.45
2.17.	INSTALACION DE BOMBA DE AGUA 4HP	GLB	1.00	10,432.36	10,432.36
2.18.	LIMPIEZA DE EXCEDENTES	M2	408.00	2.65	1,082.02
	Subtotal 2. CASETA DE CONTROL				191,624.97
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				656,540.20
	Son: Seiscientos cincuenta y seis mil quinientos cuarenta 20/100 bolivianos				

Resumen de costos elaborado en el programa QUARK

4.7. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

4.7.1. Introducción

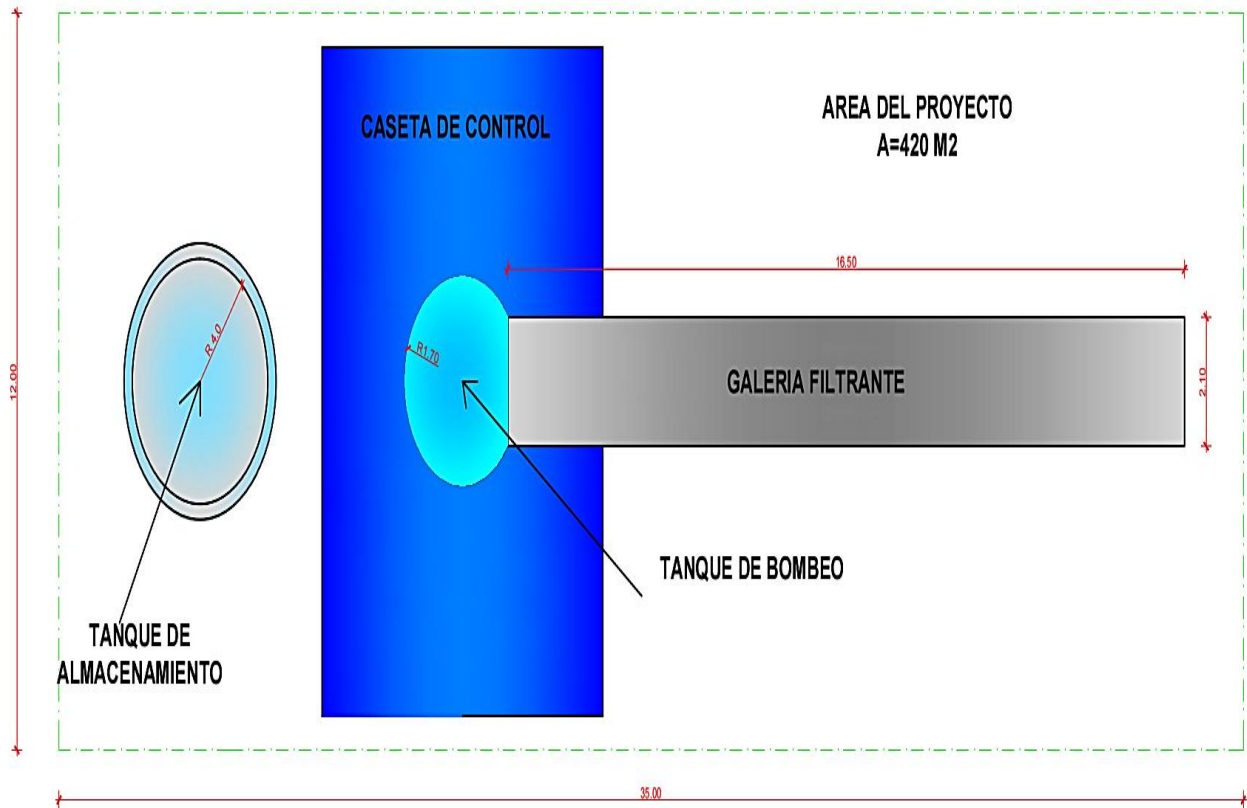
Este manual proporciona directrices detalladas para la operación y mantenimiento de galerías filtrantes, asegurando su funcionalidad y longevidad. Las galerías filtrantes son esenciales para la captación eficiente de agua subterránea, especialmente en regiones áridas y semiáridas.

4.7.2. Descripción del sistema

Las galerías filtrantes son túneles subterráneos construidos para captar agua subterránea mediante la filtración a través de materiales permeables. Estos túneles suelen estar revestidos para evitar colapsos y pueden tener diferentes diseños según las condiciones locales.

Figura 4.23

Croquis general de la galería filtrante



Croquis vista aérea; Caseta de control, galería tipo túnel y tanque de almacenamiento.

4.7.2.1. Componentes de los sistemas

a) Obra de toma o captación:

Este componente está destinado a la captación de agua y la protección de la fuente de abastecimiento. Este tipo de obra es fundamental en la ingeniería hidráulica y en el suministro de agua potable, riego agrícola, generación de energía hidroeléctrica, y otros usos industriales.

b) Línea de aducción:

En sistemas por gravedad, es la tubería o canal que lleva el agua de la captación al tanque de almacenamiento.

c) Caseta de bombeo:

En sistemas por bombeo, comprende la instalación del equipo de bombeo y la caseta de protección y está destinada a elevar el agua.

d) Línea de impulsión:

En sistemas por bombeo, es la tubería que lleva el agua de la bomba al tanque de almacenamiento.

e) Tanque de almacenamiento:

Reservorio destinado para almacenar y suministrar el agua con presión. Se encuentran sobre el suelo y pueden ser de diferentes materiales como acero, concreto o plástico.

f) Red de distribución:

Formada por tuberías que suministran agua a los diferentes sectores de la comunidad.

g) Conexiones domiciliarias:

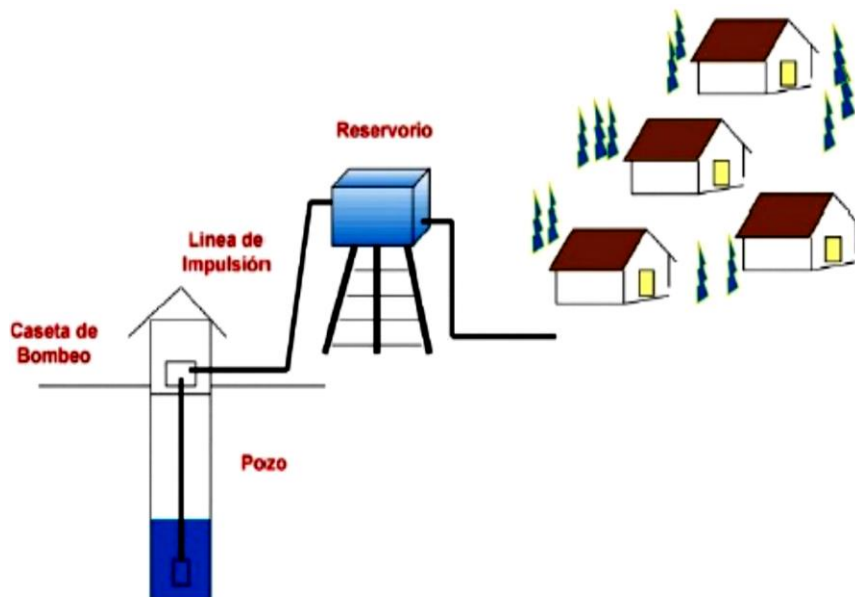
Instalaciones que suministran agua de la red de distribución a las viviendas de la comunidad.

h) Piletas públicas:

Instalaciones que suministran agua de la red de distribución a lugares públicos de la comunidad, como ser escuelas, iglesias, etc.

Figura 4.24

Componentes principales del sistema de captación



Resumen grafico del sistema; web: <https://slideplayer.es/slide/17515467/>

4.7.3. Procedimientos de operación

Operar es hacer funcionar en forma correcta el sistema de abastecimiento de agua a través de acciones ejecutadas en forma permanente, sistemática en las instalaciones para asegurar a la comunidad agua de buena calidad, servicio constante y cantidad de agua suficiente. A continuación, se describe un conjunto de procedimientos básicos para la operación de una galería filtrante:

4.7.3.1. Inspección regular

La inspección regular de galerías filtrantes es fundamental para garantizar su eficiencia y funcionamiento óptimo. Aquí hay algunos pasos que puedes seguir durante una inspección:

a) Programación regular:

Establece un programa de inspección regular según las recomendaciones del fabricante y las regulaciones locales.

b) Inspección visual:

Examina visualmente la galería filtrante en busca de signos de daño, obstrucciones, erosión o cualquier otra anomalía. Presta atención a la acumulación de sedimentos en las entradas y salidas.

c) Pruebas de flujo:

Realiza pruebas de flujo para evaluar el rendimiento de la galería filtrante. Esto puede incluir medir el flujo de agua a través de la galería y compararlo con las especificaciones del diseño.

d) Análisis de agua:

Toma muestras de agua antes y después de la galería filtrante para analizar la calidad del agua y determinar la eficacia de la filtración.

e) Registro de datos:

Mantén registros detallados de cada inspección, incluyendo fechas, resultados de pruebas y cualquier acción de mantenimiento realizada. Esto ayudará a realizar un seguimiento del rendimiento de la galería a lo largo del tiempo y a identificar cualquier tendencia preocupante.

f) Seguimiento de cambios:

Si observas cambios significativos en el rendimiento de la galería o en la calidad del agua, investiga la causa y toma medidas correctivas según sea necesario.

4.7.3.2. Bombeo al tanque de almacenamiento

a) Interruptores de Nivel:

Se colocarán interruptores de nivel en ambos tanques (tanque de bombeo y almacenamiento) para automatizar el encendido y apagado de la bomba.

4.7.3.3. Control de calidad de agua

Los análisis de calidad del agua deben realizarse en un laboratorio acreditado siguiendo métodos estandarizados. Los procedimientos deben incluir:

- ✓ Análisis Físicos y Químicos
- ✓ Análisis Microbiológicos

a) Métodos de Muestreo:

Usar botellas estériles para análisis microbiológicos. Seguir protocolos estandarizados para evitar la contaminación de muestras.

b) Frecuencia de Muestreo:

Semestral: Para análisis químicos completos.

c) Puntos de Muestreo:

Tomar muestras en la entrada de la galería.

d) Tratamiento:

Se utilizarán tratamientos de Cloración para la eliminación de patógenos microbiológicos.

4.7.4. Procedimientos de mantenimiento

El mantenimiento es esencial para garantizar su eficiencia y longevidad.

4.7.4.1. Procedimientos de Inspección

Para la Frecuencia de Inspección se recomienda una inspección cada 6 meses.

Equipos Necesarios:

- ✓ Linternas y lámparas frontales
- ✓ Cámaras de inspección (si es posible, con capacidad de grabación)
- ✓ Herramientas básicas (destornilladores, llaves, etc.)

- ✓ Equipos de seguridad (cascos, guantes, botas impermeables)
- ✓ Equipo de medición de parámetros de agua (pH, turbidez, conductividad)

Documentación:

- ✓ Planos y diagramas de la galería
- ✓ Registros previos de inspección y mantenimiento

4.7.4.1.1. Lista de Verificación:

- ✓ Estado de las entradas y salidas de agua
- ✓ Condiciones estructurales
- ✓ Presencia de sedimentos
- ✓ Crecimiento de vegetación
- ✓ Funcionamiento de válvulas y rejillas

4.7.4.2. Limpieza de sedimentos

a) Equipos y Herramientas Necesarias

- ✓ Bombas de vacío o de achique.
- ✓ Herramientas manuales (paleas, rastrillos, cepillos).
- ✓ Hidrolimpiadoras.
- ✓ Equipos de protección personal (EPP): guantes, gafas, botas impermeables, mascarillas.
- ✓ Contenedores para el almacenamiento temporal de sedimentos.

b) Limpieza Manual

- ✓ Usar palas y rastrillos para remover los sedimentos acumulados.
- ✓ Depositar los sedimentos removidos en contenedores adecuados para su disposición posterior.

c) Limpieza con Equipos Mecánicos

Bombas de Vacío:

Utilizar bombas de vacío para succionar los sedimentos sueltos del fondo de la galería.

Hidrolimpiadoras:

- ✓ Emplear hidrolimpiadoras para desprender sedimentos adheridos a las superficies de las galerías.
- ✓ Ajustar la presión de agua según el tipo de sedimento y la resistencia del material de la galería.

Figura 4.25

Equipo de hidrolimpieza para mantenimiento del sistema



Web:<https://medeltome.com/wp-content/uploads/2021/10/HIDROLIMPIADORA-BENZA-BZ-170-300x300.png>

4.7.4.3. Reparación de estructuras

a) Equipos y Materiales Necesarios:

- ✓ Herramientas de corte y demolición (si es necesario)
- ✓ Materiales de reparación (cemento, resinas epoxi, morteros especiales, etc.)
- ✓ Equipos de protección personal (cascos, guantes, gafas de seguridad)
- ✓ Equipos de medición (niveles, reglas, medidores de grietas)

Seguridad:

- ✓ Asegurar la estabilidad de la estructura durante la reparación.
- ✓ Implementar medidas de seguridad para proteger a los trabajadores, como apuntalamiento de áreas inestables.

b) Reparación de Grietas y Fisuras

Estructura Interna:

- ✓ Examinar las paredes y el techo de la galería, buscando grietas, filtraciones o cualquier signo de desgaste.
- ✓ Verificar el estado de las juntas y conexiones entre secciones.
- ✓ Inspeccionar las rejillas y válvulas para asegurar que no estén obstruidas

Limpieza de Grietas:

- ✓ Limpiar las grietas de cualquier material suelto, polvo o escombros utilizando aire comprimido o agua a presión.

Sellado de Grietas:

- ✓ Utilizar resinas epoxi o selladores de poliuretano para rellenar y sellar grietas pequeñas y medianas.
- ✓ Para grietas más grandes, emplear morteros de reparación específicos que puedan manejar movimientos estructurales.

Aplicación de Parcheo:

- ✓ Aplicar una capa de mortero o cemento sobre las áreas reparadas para asegurar una superficie uniforme.

Figura 4.26

Reparación de grietas y fisuras en estructuras de hormigón



Web:https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTrf0vwsJ_Kym51VKDrtcvtdMwGbdkS52LtsPocDElzoasRq50qYgRoy8JcT97YjPtAYL4&usqp=CAU

c) Reemplazo de Componentes Dañados

Identificación de Componentes:

Identificar cualquier componente estructural que esté demasiado dañado para ser reparado, como rejillas, válvulas, o segmentos de tubería.

Desmontaje y Retiro:

Desmontar y retirar cuidadosamente los componentes dañados.

Instalación de Nuevos Componentes:

Instalar componentes nuevos, asegurándose de que estén correctamente alineados y asegurados. Verificar el funcionamiento adecuado de los nuevos componentes antes de completar la reparación.

4.7.4.4. Prevención de infiltración de contaminantes

a) Monitoreo y Mantenimiento Regular

Inspecciones Periódicas:

Realizar inspecciones regulares para detectar signos de contaminación o fallos en el sistema de filtración.

Limpieza de Sedimentos:

Limpiar regularmente los sedimentos acumulados en las cámaras de entrada y en los filtros preliminares.

b) Protección Contra Contaminantes Específicos

Contaminación Biológica:

Implementar medidas para controlar la entrada de materia orgánica y patógenos, como la instalación de filtros biológicos.

Metales Pesados y Químicos:

Utilizar medios de filtración específicos, como carbón activado, para remover metales pesados y compuestos químicos del agua.

Monitoreo de Contaminantes:

Realizar análisis periódicos de la calidad del agua para detectar la presencia de contaminantes específicos y tomar medidas correctivas.

c) Educación y Concientización

Programas de Educación:

Implementar programas de educación y concientización para la comunidad local sobre la importancia de proteger la calidad del agua y las prácticas para prevenir la contaminación.

Involucramiento de la Comunidad:

Fomentar la participación de la comunidad en la vigilancia y protección de las zonas de captación de agua.

Figura 4.27

Actividades de educación y concientización comunitaria



Web:https://www.diariodexalapa.com.mx/incoming/jd9w2g-arizmendi-santa-martha.jpg/ALTERNATES/LANDSCAPE_768/Arizmendi%20Santa%20Martha.jpg

4.7.4.5. Control de vegetación

a) Inspección Regular de Vegetación

Frecuencia de Inspección:

Realizar inspecciones visuales periódicas (mensuales o trimestrales) para identificar el crecimiento de vegetación alrededor y dentro de las galerías filtrantes

Identificación de Problemas:

Detectar y documentar áreas donde la vegetación pueda estar causando obstrucciones o daños estructurales.

b) Desbroce Manual

Herramientas Necesarias:

- ✓ Tijeras de podar
- ✓ Desbrozadoras manuales o eléctricas
- ✓ Palas y rastrillos

Procedimiento:

Cortar y remover la vegetación superficial que esté cerca de las entradas y salidas de la galería. Asegurarse de que la vegetación retirada se disponga adecuadamente para evitar que obstruya otros componentes del sistema.

Figura 4.28

Procedimiento de desbroce manual del área de intervención



Web: <https://img.interempresas.net/fotos/3463403.jpeg>

c) Mantenimiento de Áreas Circundantes

Limpieza y Desbroce Regular:

Mantener el área circundante a la galería libre de vegetación densa y basura que puedan contribuir a la obstrucción y deterioro del sistema.

Zonas de Amortiguamiento:

Crear zonas de amortiguamiento con vegetación controlada para proteger la galería de la vegetación invasiva

Figura 4.29

Limpieza de residuos sólidos y vegetación superficial



Web:https://img.freepik.com/foto-gratis/personas-que-realizan-servicio-comunitario-recogiendo-basura-al-aire-libre_23-2149109149.jpg

4.7.4.6. Desobstrucción de conductos

a) Identificación de Obstrucciones

Inspección Visual:

Realizar una inspección visual inicial de las entradas y salidas de los conductos para identificar signos evidentes de obstrucción.

Medición del Caudal:

Monitorear el caudal de agua en diferentes puntos del sistema para identificar reducciones que puedan indicar obstrucciones.

b) Preparación para la Desobstrucción

Equipos Necesarios:

- ✓ Varillas de limpieza y cables de desatasco
- ✓ Hidrolimpiadoras o equipos de lavado a presión

- ✓ Bombas de vacío
- ✓ Herramientas manuales (ganchos, rastrillos, palas)
- ✓ Equipos de protección personal (guantes, gafas de seguridad, botas impermeables)

Seguridad:

Asegurar que el área esté libre de peligros y que el personal esté equipado con el equipo de protección adecuado.

Implementar medidas de seguridad para prevenir accidentes durante la desobstrucción.

c) Desobstrucción Manual

Uso de Herramientas Manuales:

Utilizar ganchos, rastrillos y palas para retirar manualmente los residuos y sedimentos que causan la obstrucción. Sacar los residuos con cuidado para evitar dañarlos y transportarlos a un área adecuada para su disposición.

Figura 4.30

Procedimiento de desobstrucción manual de conductos



Web:https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4983655/366635429_1034379131223928_5179965285617691592_n.jpg

4.7.5. Procedimientos de emergencia

a) Inundaciones:

Uso de Barreras:

Instalar barreras temporales para desviar el flujo de agua lejos de las galerías.

Bombas de Desagüe:

Utilizar bombas de desagüe para eliminar el agua acumulada en las galerías.

Figura 4.31

Bomba de desagüe para labores de mantenimiento



Web:https://m.mediaamazon.com/images/I/71TEci3G3kL.AC_UF894,1000QL80_.jpg

b) Contaminación Química:

Sellado de Conductos:

Sellar los conductos afectados para evitar la dispersión de contaminantes.

Uso de Absorbentes:

Aplicar materiales absorbentes para contener y remover los productos químicos derramados.

c) Fallo Estructural:

Apuntalamiento Temporal:

Instalar apuntalamientos temporales para estabilizar las estructuras dañadas.

Evaluación de Daños:

Realizar una evaluación rápida de los daños para determinar las medidas de reparación necesarias.

Figura 4.32

Sistema de apuntalamiento temporal en estructuras afectadas



Web: <https://pbs.twimg.com/media/E0xEDzEX0AA-zpK.jpg>

4.7.6. Anexos de formatos de registro

4.7.6.1 Anexo 1: Formato de Registro de Inspección.

Un registro de inspección es un documento que recoge la información detallada sobre las inspecciones realizadas a equipos, instalaciones, procesos o productos. Este documento es crucial para garantizar el cumplimiento de normativas, la seguridad, y la calidad en diversas industrias. A continuación, te muestro una estructura básica que puedes usar para crear un registro de inspección:

Figura 4.33
Formato de registro para inspección de seguridad

					Inspecciones Generales, Planeadas y/o Espontáneas		Código	FGH-80 v.00
							Página	
FECHA DE INSPECCIÓN:					N° IDENTIFICACION:			
RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN:					CARGO:			
ÁREA A INSPECCIONAR:								
OBJETIVO DE LA INSPECCIÓN:								
OFICINAS, LABORATORIOS, BODEGAS, ARCHIVOS, ALMACENES, VÍAS DE CIRCULACIÓN, ÁREAS COMUNES.								
ASPECTO A EVALUAR	CALIFICACIÓN (Marque con una x)				OBSERVACIONES	ESTRATEGIA DE CONTROL RECOMENDADA	RESPONSABLE	FECHA DE SEGUIMIENTO
	CUMPLE	CUMPLE PARCIAL	NO CUMPLE	NO APLICA				
ILUMINACIÓN								
Se tiene control para evitar el deslumbramiento o reflejos en la pantalla de computadores.								
Se tiene un mantenimiento adecuado en las lámparas.								
MECÁNICO								
Las herramientas manuales de trabajo son de buena calidad y se encuentran en buen estado								
Las estanterías están en buen estado.								
Los elementos están almacenados de forma ordena.								
Hay escaleras disponibles y en buen estado para acceder a los sitios altos y bajos.								
ELÉCTRICO								
Los cables están protegidos y canalizados								
Las instalaciones eléctricas están protegidas								
Los cables están amarrados de forma ordenada bajo el puesto de trabajo								
Todas las instalaciones eléctricas cuentan con swiches y tomacorrientes								
ORDEN Y ASEO (CONDICIÓN LOCATIVA)								
Los elementos almacenados están limpios o protegidos del polvo u otros contaminantes.								
Las sillas están limpias y en buen estado.								
Los pisos están limpios y libres de regueros y obstáculos.								
Los implementos de aseo asignados al área son suficientes, están en buen estado (escoba, trapeo, balde).								
EMERGENCIAS								
Todas las áreas cuentan con señalización de emergencias, clara y visible (Extintores, salidas de emergencia, rutas de evacuación).								
Las salidas de emergencias se encuentran libres de obstáculos y disponibles								
QUÍMICO								
Están etiquetados los recipientes de sustancias químicas (Rombos de seguridad)								
Se almacena los productos químicos en lugares asignados y se almacenan según la tabla de compatibilidades.								
El cilindro esta libre de corrosión, golpes y defectos.								
Las mangueras están limpias y sin fugas.								
Existe un lugar para el almacenamiento de las sustancias químicas y este es adecuado a la cantidad y características de la sustancia.								
SANEAMIENTO Y RESIDUOS								
El almacenamiento de basuras se hace en lugares con ventilación e iluminación adecuada.								
Los sitios de almacenamiento de basuras cuentan con un programa de orden y aseo. (en caso de que lo realice la administración, solicitar el programa)								
Las baterías sanitarias cuentan con plan sistemáticos de aseo y desinfección.								
FIRMA RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN:								

Fuente propia

4.7.6.2. Anexo 2: Formato de Registro de Calidad del Agua.

Un registro de inspección de calidad de agua es un documento esencial para monitorear y asegurar que el agua cumpla con los estándares de calidad establecidos por las normativas y regulaciones pertinentes. Para lo cual se deberá llevar una muestra a laboratorio cada 6 meses y analizar los siguientes parámetros.

Tabla 4.13

Registro de calidad de agua

Parametros Totales	Peso de Cada Parametro	Introduzca Datos	Indicadores Utilizados	ICA de Parametros	Ica de Indicadores
PH					
SOLIDOS SUSPENDIDOS					
SOLIDOS DISUELTOS					
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA					
OD					
temperatura para OD saturado c					
DBO					
DUREZ TOTAL					
CLORUROS					
ALCALINIDAD					
GRASAS Y ACEITES					
NITROGENO DE NITRATOS					
NITROGENO AMONICAL					
FOSFATOS TOTALES					
COLOR					
TURBIEDAD					
SAAM					
COLIFORMES FECALIS					
COLIFORMES TOTALES					
PESO TOTAL					

Fuente: laboratorio de aguas

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es una herramienta utilizada para evaluar y comunicar el estado de la calidad del agua en términos comprensibles y resumidos. Este índice se calcula a partir de varios parámetros de calidad del agua y proporciona una puntuación que indica el grado de contaminación o la aptitud del agua para un uso específico.

Cálculo del ICA

- **Sumatoria de Pesos (ΣW_i):** [Sumatoria de los pesos]
- **Sumatoria de $W_i * Q_i$:** [Sumatoria de los productos de los pesos y los valores subíndice]
- **Índice de Calidad del Agua (ICA):** $\Sigma(W_i * Q_i) / \Sigma W_i$

Tabla 4.14
Resultados de ICA

TABLA DE ANALISIS DE EL INDICE DE CALIDAD DE AGUA OBTENIDO					
ICA	CRITERIO GENERAL	ABASTECIMIENTO PUBLICO	RECREACION	PESCA Y VIDA ACUATICA	INDUSTRIAL Y AGRICOLA
100	NO CONTAMINADO	NO REQUIERE PURIFICACION	ACEPTABLE	ACEPTABLE PARA TODO ORGANISMOS	NO REQUIERE PURIFICACION
90			PARA CUALQUIER DEPORTE		
80					FALSO
70					FALSO
60					
50					
40					
30					
20					
10					

Fuente: ICA (índice de calidad del agua)

4.7.6.3. Anexo 3: Lista de Equipos y Herramientas de Mantenimiento.

Equipos de Seguridad

- ✓ Cascos de Seguridad
- ✓ Guantes de Protección
- ✓ Botas de Seguridad
- ✓ Arnéses y Cuerdas de Seguridad
- ✓ Mascarillas y Protección Ocular

Equipos de Medición y Control

- ✓ **Medidores de Nivel de Agua:** Para monitorear el nivel del agua en las galerías.

- ✓ **Medidores de Caudal:** Para medir la cantidad de agua extraída.

Herramientas Manuales

- ✓ Pala y Piqueta: Para trabajos de excavación manual.
- ✓ Carretilla: Para el transporte manual de tierra y materiales.
- ✓ Niveles: Para asegurar la correcta inclinación y nivelación de las estructuras.
- ✓ Cintas Métricas y Medidores de Distancia: Para medir distancias y profundidades.
- ✓ Martillos y Mazo: Para trabajos de ajuste y fijación.
- ✓ Llaves Ajustables: Para la instalación y mantenimiento de tuberías y conexiones.

4.7.7. Costos de operación y mantenimiento

Estos sistemas requieren una serie de costos de operación y mantenimiento para asegurar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil. Teniendo un presupuesto anual de 32.205,33 bolivianos, que también representa el 5% del costo del proyecto.

Tabla 4.15

Presupuesto general de operación y mantenimiento

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUAL					
1. GASTOS DE OPERACIÓN					
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Precio Total
1.1.	OPERADORES	GLB	1.00	18,143.84	18,143.84
1.2.	ENERGIA ELECTRICA	GLB	1.00	1,360.79	1,360.79
1.3.	HERRAMIENTAS	GLB	1.00	5,669.95	5,669.95
1.4.	MATERIAL DE SEGURIDAD	GLB	1.00	567.00	567.00
1.5.	MATERIALES Y SUMINISTROS	GLB	1.00	1,700.98	1,700.99
1.6.	MATERIALES DE LIMPIEZA	GLB	1.00	1,360.79	1,360.79
	Subtotal 1. GASTOS DE OPERACION				28,803.36
2.GASTOS DE MANTENIMIENTO					
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Precio Total
2.1.	REPARACIONES Y REEMPLAZOS	GLB	1.00	1,814.38	1,814.38
2.2.	SUMINISTROS	GLB	1.00	1,587.59	1,587.59
	Subtotal 2. GASTOS DE MANTENIMIENTO				3,401.97
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				32,205.33
	Son: Treinta y dos mil doscientos cinco 33/100 bolivianos				

Fuente: programa QUARK

Tabla 4.16
Desglose de ítems

N°	ÍTEM/ACTIVIDAD	UNID.	CANT	PRECIO U.	SUBTOTAL	TOTAL BS
1	OPERADORES	GBL				18143,0
	PERSONAL		1	18143,00	18143,00	
2	ENERGIA	GBL	KW			1360,0
	LUMINARIAS		300	1,00	300,0	
	BOMBA Y ACCESORIOS		1060	1,00	1060,0	
3	HERRAMIENTAS	GLB				5.670,00
	PALA DE SEDIMENTOS		2	30,00	170,0	
	CAJA DE HERRAMIENTAS		1	50,00	500,0	
	BOMBA DE REPUESTO		1	5.000,00	5000,0	
4	MATERIAL DE SEGURIDAD	GBL				567,0
	GUANTES		12	10,00	120,0	
	BOTAS		4	80,00	320,0	
	BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS		1	50,00	127,0	
5	MATERIALES DE LIMPIEZA	GBL				1700,0
	ESCOBAS		4	15,00	60,0	
	TRAPEADORES		4	15,00	60,0	
	BASURERO		1	20,00	20,0	
	HIDROLIMPIADORA		1	1500,00	1500,0	
	DETERGENTE		12	10,00	60,0	
6	MATERIALES Y SUMINISTROS	GBL				1360,0
	ENVASES DE MUESTREO		4	5,00	360,0	
	MATERIAL DE OFICINA		1	50,00	1000,0	
GASTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL						
N°	ÍTEM/ACTIVIDAD	UNID.	CANT	PRECIO U.	SUBTOTAL	TOTAL BS
1	REPARACIONES Y REEMPLAZOS	GBL				1814,4
	LUMINARIAS LED		24	30,60	734,4	
	CEMENTO		4	70,00	280,0	
	MANO DE OBRA AYUDANTE		4	200,00	800,0	
2	SUMINISTROS	GBL				1587,7
	HIPOCLORITO Y OTROS		24	32,82	787,7	
	COSTOS DE ANALISIS DE AGUA		4	200,00	800,0	

Fuente: programa Excel

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo del proyecto titulado “Diseño de una galería filtrante subterránea de hormigón armado para captación de agua potable en la comunidad de Villa Fátima - municipio de Cobija”, se concluye que la propuesta constituye una alternativa técnica viable para la captación eficiente de aguas subterráneas. El diseño integra estudios de calidad del agua, monitoreo del nivel freático, caracterización del suelo, diseño hidráulico y estructural, planos constructivos, presupuesto de obra y criterios de operación y mantenimiento, permitiendo plantear una solución orientada al abastecimiento de agua potable para la comunidad beneficiaria.

- En relación con el análisis físico-químico y bacteriológico de la muestra F-2, correspondiente al agua del lugar donde se va emplazar la galería, se concluye que esta fuente presenta condiciones favorables para su aprovechamiento mediante una galería filtrante, debido a sus bajos valores de turbidez, sólidos disueltos, sólidos totales, cloruros, sodio y potasio. Sin embargo, el pH registrado fue de 4,83, valor inferior al rango permitido de 6,5 a 9,0, lo que evidencia una condición ácida del agua. Asimismo, los valores de cloro libre y cloro total fueron bajos, situación propia de una fuente natural sin desinfección. Desde el punto de vista bacteriológico, los coliformes totales, coliformes fecales y mesófilos se encuentran dentro de los límites permitidos; no obstante, se identificó presencia de hongos y levaduras, posiblemente asociada a la exposición de la noria a agentes externos. Por tanto, se concluye que el agua puede ser utilizada como fuente potencial de captación, siempre que se apliquen medidas de tratamiento como corrección del pH, desinfección, protección sanitaria de la fuente y monitoreo periódico de la calidad del agua y control periódico del agua.
- Respecto al monitoreo del nivel freático, se concluye que los aforos realizados en los pozos de observación 1 y 2, durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2021, y mayo, junio, julio y agosto del año 2025, evidenciaron un comportamiento favorable del agua subterránea para el diseño de la galería filtrante. El pozo fue ejecutado a una profundidad de 3,70 m, dejando 0,30 m de tubo sobre la superficie, y durante el periodo de control se registró una variación aproximada de 15 cm en el pozo 1 y 8 cm en el pozo 2,

lo que demuestra una fluctuación moderada del nivel freático y confirma la existencia de una fuente subterránea aprovechable para la captación mediante una galería filtrante subterránea de hormigón armado.

- En cuanto a la caracterización del suelo, los ensayos permitieron identificar estratos compuestos por limo, arena limosa y arena arcillosa, con contenidos de humedad que oscilan entre 18,4 % y 52,2 %. Los límites de Atterberg fueron aplicados a las muestras con mayor cohesión, obteniéndose un índice de plasticidad entre 5,39 % y 13,32 %, lo que permite interpretar un comportamiento de baja a media plasticidad. Además, los ensayos de permeabilidad reportaron valores de $K = 0,2500$ cm/s en campo para los puntos P2 y P3, y $K = 0,4166$ cm/s en laboratorio para la muestra P4, confirmando condiciones hidráulicas favorables para el flujo de agua hacia la galería filtrante.
- En el diseño hidráulico, se proyectó el sistema considerando una población inicial de 500 habitantes, un periodo de diseño de 20 años y un índice de crecimiento de 6,5 %, obteniéndose mediante el método exponencial una población futura de 1.835 habitantes. Con una dotación adoptada de 150 L/hab-día, se obtuvo un caudal medio diario de 3,19 L/s, un caudal máximo diario de 4,78 L/s y un caudal máximo horario de 7,17 L/s. Para la captación, el cálculo hidráulico arrojó una longitud teórica de galería de 16,188 m, adoptándose finalmente una longitud de diseño de 16.5 m, con el fin de garantizar mayor seguridad y capacidad de captación.
- En el diseño estructural, se verificó la estabilidad de los elementos de hormigón armado mediante el uso del software SAP2000, aplicando criterios de la NB 1225001, equivalente a la ACI 318-14, y el manual OPS/CEPIS/UNATSABAR para galerías filtrantes. Se adoptó hormigón armado H-21, con resistencia característica de $f'_c = 21$ MPa, y acero de refuerzo A-500, con límite de fluencia $f_y = 500$ MPa. Entre los elementos definidos se consideran columnas de 30×30 cm, vigas de 25×30 cm, losas, muros y bóveda de 30 cm, zapatas combinadas de $1,00 \times 1,00 \times 0,40$ m, tanque de bombeo, tanque de almacenamiento y caseta de control, logrando una solución estructural resistente y adecuada a las condiciones del terreno.
- En cuanto al presupuesto general de obra, se determinó que la ejecución del proyecto requiere un tiempo estimado de 80 días hábiles, con un costo total aproximado de 656,540.20 Bs. Este monto contempla las actividades de construcción, materiales, mano de obra,

equipos, herramientas, transporte, gastos administrativos, utilidad e impuestos, permitiendo establecer la viabilidad económica preliminar de la propuesta.

- Finalmente, se elaboró un manual de operación y mantenimiento orientado a garantizar el funcionamiento continuo de la galería filtrante. El manual contempla inspección regular, control de calidad del agua, limpieza de sedimentos, reparación de estructuras, prevención de infiltración de contaminantes, control de vegetación, desobstrucción de conductos y procedimientos de emergencia. Además, se estimó un presupuesto anual de operación y mantenimiento de 32.205,33 bolivianos, que también representa el 5% del costo del proyecto, monto necesario para conservar el sistema en condiciones adecuadas durante su vida útil.

5.2. RECOMENDACIONES

- Implementar un tratamiento previo del agua captada antes de su consumo humano, considerando principalmente la corrección del pH, debido a que la muestra presentó un valor ácido de 4,83, inferior al rango permitido. Asimismo, se recomienda aplicar desinfección mediante cloración controlada y realizar análisis físico-químicos y bacteriológicos periódicos para garantizar la calidad del agua. Estudiar el flujo de agua subterránea y superficial, para conocer los niveles freáticos y las variaciones estacionales del agua.
- Proteger y mantener adecuadamente la zona de captación y la infraestructura de la galería filtrante, evitando el ingreso de polvo, insectos, materia orgánica, aguas superficiales contaminadas o cualquier agente externo que pueda afectar la calidad del recurso hídrico. Para ello, se debe cumplir el manual de operación y mantenimiento propuesto, incluyendo limpieza de sedimentos, inspección de estructuras, control de vegetación y revisión de conductos. Es esencial conocer la permeabilidad del suelo y la presencia de capas impermeables.
- Realizar el seguimiento técnico del funcionamiento hidráulico y estructural del sistema durante su operación, especialmente en época seca y época lluviosa, para verificar el comportamiento del nivel freático, el caudal captado, la estabilidad de la estructura y el rendimiento real de la galería. Este control permitirá tomar decisiones oportunas de

mantenimiento, ajuste o ampliación del sistema en beneficio de la comunidad de Villa Fátima.

- Realizar un control técnico estructural durante la construcción de la galería filtrante, verificando que el hormigón armado cumpla con la resistencia especificada de diseño, el correcto recubrimiento del acero, la ubicación de las armaduras, el espesor de muros, losas, bóveda y zapatas, así como la adecuada compactación del terreno de apoyo. Además, se recomienda efectuar inspecciones periódicas después de su puesta en funcionamiento para identificar posibles fisuras, asentamientos diferenciales, filtraciones no controladas o deterioro del hormigón, con el fin de garantizar la estabilidad, durabilidad y seguridad estructural del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute. (2014). *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318-14) y comentario*. American Concrete Institute.
- Arroyo Portero, J. C. (2004). *Números gordos en el proyecto de estructuras*. CINTER Divulgación Técnica.
- Arteaga Tovar, R. E. (1993). *Hidráulica elemental*. Universidad Autónoma Chapingo, Dirección de Difusión Cultural, Departamento de Irrigación.
- Cairo Bustos, Y. G. (2020). *Valoración ecológica-económica del servicio ecosistémico de aprovisionamiento hídrico en la galería filtrante de Atoqhuachana en el distrito de Oropesa, Cusco* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC.
- Das, B. M. (2016). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4.^a ed.). Cengage Learning.
- Dirección Nacional de Saneamiento Básico. (1996). *Norma boliviana NB 689: Norma técnica de diseño para sistemas de agua potable*. DINASBA.
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2016). *Norma boliviana NB 512: Agua potable-Requisitos* (5.^a revisión). IBNORCA.
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (s. f.). *Norma boliviana NB 496: Agua potable-Toma de muestras*. IBNORCA.
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2017). *Norma boliviana NB 1225001: Hormigón estructural*. IBNORCA.
- Jara Díaz, W. (2018). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando captaciones subsuperficiales-galerías filtrantes del distrito de Pomahuaca-Jaén-Cajamarca, 2015* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional USAT.

Jiménez Montoya, P., García Meseguer, Á., & Morán Cabré, F. (2000). *Hormigón armado:*

Basada en la EHE, ajustada al Código Modelo y al Eurocódigo (14.ª ed.). Gustavo Gili.

Mejía, J., Villazón, M., Laura, S., Rojas, V., Escobar, M., & Muñoz, G. (2004). *Criterios de*

diseño y construcción de galerías filtrantes (2.ª ed. aumentada y corregida).

PRONAR/PROAGRO.

Organización Panamericana de la Salud, & Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y

Ciencias del Ambiente. (2002). *Manual de diseño de galerías filtrantes.*

OPS/CEPIS/UNATSABAR.

Paz Vergara, Y. E. (2018). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable para un*

servicio de calidad en el Centro Poblado Araya Grande, Provincia de Barranca [Tesis de

grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional

UNJFSC.

Vidal, W. O. B. (s. f.). *Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua*

potable para Végueta: Diseño y proceso constructivo de las galerías filtrantes [Tesis de

grado, Universidad Nacional de Ingeniería].

ANEXOS

ANEXOS

‘A’

LABORATORIO

DE

AGUAS

ANEXO A

A1. ANÁLISIS FÍSICO -QUÍMICO



"La preservación de la Amazonía es parte de la subsistencia de la vida, del progreso y desarrollo de la bella tierra Pandina"

LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS

N° 08/2021
Cód. D - 1

Página 1 de 2

INFORME DE ANÁLISIS LAB A y A - ACBN/SA/04/2021

1. Solicitante: Sr. José Luis Ayma Condori
2. Análisis: Físicoquímico y Microbiológico de agua.
3. Número de muestras: Una Muestra de agua
4. Lugar de muestreo y fuente: Villa Fátima - Pando "Red de distribución de agua de pileta de una casa"
5. Fecha y hora de muestreo: 23-03-2021, 10:55 a.m.
6. Fecha y hora de recepción: 24-03-2021, 09:17 a.m.
7. Resultados:

A. FÍSICOQUÍMICO

ENSAYO REALIZADO	D - 1	LIMITE PERMITIDO	REFERENCIA DEL LIMITE
pH	5,86	6,5 - 9,00	NB - 512
Conductividad (uS/cm)	71,10	1500,00	NB - 512
Temperatura (°C)	25,80	----	----
Salinidad (%)	0,00	0 - 0,5	OMS
Sólidos disueltos (mg/L)	36,00	500,00	OMS
Sólidos en suspensión (mg/L)	43,00	-----	-----
Sólidos totales (mg/L)	79,00	1000,00	NB - 512
Turbidez (NTU)	0,54	5,00	NB - 512
Cloro Libre (mg/L)	07,50	0,2 - 1,5	NB - 512
Cloro Total (mg/L)	08,90	1,0 - 1,8	OMS
Cloruros (mg/L)	4,26	250,00	NB - 512
Carbonatos (mg/L)	0,00	-----	-----
Bicarbonatos (mg/L)	45,22	350,00	OMS
Sodio (mg/L)	1,87	200,00	NB - 512
Potasio (mg/L)	0,08	10,00	NB - 512



Campus Universitario Av. Las Palmas, Área de Ciencias Biológicas y Naturales
Teléfono: 842-4977
Cobija - Pando - Bolivia



A2. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO



Página 2 de 2

A. MICROBIOLÓGICO

INDICADOR DE CALIDAD SANITARIA	D - 1	MÉTODO DE ENSAYO	NORMA TÉCNICA	LÍMITE PERMITIDO	REFERENCIA DEL LÍMITE
Coliformes totales (UFC/100 mL de agua)	< 1	Membrana filtrante	NB-31003	<1	NB - 512
Coliformes fecales (UFC/100 mL de agua)	< 1	Membrana filtrante	NB-31005	<1	NB - 512
Recuento Total de Mesófilos Aerobios 37°C (UFC/100 mL de agua)	1x10 ³	Placa Vertida	NB-32016	<2x10 ³	NB-325002
Hongos y Levaduras (UFC/100 mL de agua)	Ausencia	Placa Vertida	NB-32015	Ausencia	OMS

NOTA: UFC/100 mL de agua = Unidad de formadores de colonia en 100 mL de agua.
24 horas de incubación.

8. Observaciones:

- a) El muestreo fue realizado por el solicitante.

Es cuanto se informa para fines consiguientes.

Cobija, 13 de Abril de 2021

Co/Lab.



Juan Carlos Surco Almedras
M.Sc. en Ciencias Químicas
RESPONSABLE DE LOS LABORATORIOS
DE AGUAS Y ALIMENTOS
A.C.B.N.-U.A.P.



Campus Universitario Av. Las Palmas, Área de Ciencias Biológicas y Naturales
Teléfono: 842-4977
Cobija - Pando - Bolivia

A3. ANÁLISIS FÍSICO -QUÍMICO



UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES

Cobija - Pando - Bolivia



"La preservación de la Amazonía es parte de la subsistencia de la vida, del progreso y desarrollo de la bella tierra Pandina"

LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS

N° 013/2021
Cód. F- 2

Página 1 de 2

INFORME DE ANÁLISIS LAB A y A - ACBN/SA/06/2021

1. **Solicitante:** Sr. José Luis Ayma Condori
2. **Análisis:** Físico-químico y microbiológico de agua.
3. **Número de muestras:** Una Muestra de agua
4. **Lugar de muestreo y fuente:** Comunidad Villa Fátima, Pando "Agua de Pozo"
5. **Fecha y hora de muestreo:** 27-05-2021, 09:50 a.m.
6. **Fecha y hora de recepción:** 31-05-2021, 11:00 a.m.
7. **Resultados:**

A. FISICOQUIMICO

ENSAYO REALIZADO	F - 2	LIMITE PERMITIDO	REFERENCIA DEL LIMITE
pH	4,83	6,5 - 9,00	NB - 512
Conductividad (uS/cm)	28,70	1500,00	NB - 512
Temperatura (°C)	24,70	----	----
Salinidad (%)	0,00	0 - 0,5	OMS
Sólidos disueltos (mg/L)	14,47	500,00	OMS
Sólidos en suspensión (mg/L)	22,63	----	----
Sólidos totales (mg/L)	37,10	1000,00	NB - 512
Turbidimetría (NTU)	0,35	5,00	NB - 512
Cloro Libre (mg/L)	0,02	0.3 - 0.6	OMS
Cloro Total (mg/L)	0,04	1.0 - 1.8	OMS
Cloruros (mg/L)	3,13	250,00	NB - 512
Carbonatos (mg/L)	0,00	----	----
Bicarbonatos (mg/L)	5,24	350,00	OMS
Sodio (mg/L)	1,36	200,00	NB - 512
Potasio (mg/L)	2,29	10,00	NB - 512

Juan Carlos Surco Almendra
M.Sc. EN CIENCIAS QUÍMICAS
RESPONSABLE DE LOS LABORATORIOS
DE AGUAS Y ALIMENTOS
A.C.B.N. - U.A.P.



Campus Universitario Av. Las Palmas, Área de Ciencias Biológicas y Naturales

Teléfono: 842-4977

Cobija - Pando - Bolivia

A4. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS



UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES

Cobija - Pando - Bolivia



"La preservación de la Amazonía es parte de la subsistencia de la vida, del progreso y desarrollo de la bella tierra Pandina"

Página 2 de 2

A. MICROBIOLÓGICO

INDICADOR DE CALIDAD SANITARIA	F - 2	MÉTODO DE ENSAYO	NORMA TÉCNICA	LÍMITE PERMITIDO	REFERENCIA DEL LÍMITE
Coliformes totales (UFC/100 mL de agua)	<1	Membrana filtrante	NB-31003	<1	NB - 512
Coliformes fecales (UFC/100 mL de agua)	<1	Membrana filtrante	NB-31005	<1	NB - 512
Recuento Total de Mesófilos Aerobios 37°C (UFC/100 mL de agua)	$2,4 \times 10^2$	Placa Vertida	NB-32016	$<2 \times 10^3$	NB-325002
Hongos y Levaduras (UFC/100 mL de agua)	$1,1 \times 10^2$	Placa Vertida	NB-32015	Ausencia	OMS

NOTA: UFC/100 mL de agua = Unidad de formadores de colonia en 100 mL de agua.
48 horas de incubación.

8. Observaciones:

- a) El muestreo fue realizado por el solicitante.

Es cuanto se informa para fines consiguientes.

Cobija, 14 de junio de 2021



Cc/Lab.

Juan Carlos Surco Almendras
M.Sc. EN CIENCIAS QUÍMICAS
RESPONSABLE DE LOS LABORATORIOS
DE AGUAS Y ALIMENTOS
A.C.B.N. - U.A.P.



Campus Universitario Av. Las Palmas, Área de Ciencias Biológicas y Naturales
Teléfono: 842-4977
Cobija - Pando - Bolivia

A5. DATOS DE PRECIPITACION DE SENAMI 2021

2021													
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	7,40	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	98,00
2	0,10	0,00	0,10	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,70	15,00
3	0,00	1,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	3,10	7,70	98,40
4	62,50	4,10	0,10	17,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,30	39,40
5	0,00	0,70	0,10	4,90	17,20	0,00	0,00	0,00	0,00	30,80	0,00	1,60	37,20
6	3,60	37,30	0,00	1,60	1,80	0,00	0,00	0,00	3,90	0,10	0,00	32,70	102,90
7	1,20	4,90	*	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	65,70	42,40
8	30,90	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	2,80	59,50
9	0,00	51,00	95,30	0,60	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	37,80
10	3,20	22,80	41,90	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	0,00		5,70	28,50
11	0,00	6,50	0,10	*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	28,10
12	14,00	5,80	13,60	12,10	5,20	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,00
13	0,10	15,20	0,60	34,50	0,20	0,00	0,00	0,00	*	0,00	50,90	0,00	146,50
14	6,40	5,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,90	37,00
15	31,50	1,60	6,20	*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,30	0,00	122,20
16	9,60	0,10	0,00	19,20	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,20	0,00	87,40
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	64,40	7,80	15,40	77,80
18	0,00	0,00	0,00	*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,40	64,90
19	2,30	32,50	17,30	1,30	0,00	0,00	0,00	*	0,00	0,00	28,10	37,30	145,30
20	0,00	0,00	11,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	12,50	63,80	77,60	62,20
21	0,20	52,20	4,40	3,70	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	10,50	63,10
22	0,00	27,20	60,60	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	*	1,80	75,70
23	1,50	0,10	7,60	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,80	71,60
24	38,40	0,00	0,00	0,00	48,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,10	0,00	118,30
25	4,00	2,30	0,30	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,20	22,90	0,00	0,00	20,00
26	34,00	0,00	0,60	42,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*	*	47,30
27	1,30	66,50	0,30	0,20	0,00	0,00	0,00	19,80	0,00	0,00	1,40	47,30	50,80
28	*	3,70	2,40	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	35,60	0,10	21,80
29	0,00	****	10,90	0,00	0,00	7,40	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	8,70	120,60
30	0,00	****	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	2,10	54,70	33,60
31	1,20	****	14,20	****	0,00	****	0,00	0,00	****	0,00	****	0,00	2,90
SUM	253,40	342,80	290,10	143,20	73,20	12,10	0,00	20,00	19,60	131,40	235,80	436,70	2002,20
MED	8,45	12,24	9,67	5,30	2,36	0,40	0,00	0,67	0,68	4,24	8,73	14,56	64,59
MAX	62,50	66,50	95,30	42,20	48,40	7,40	0,00	19,80	8,00	64,40	63,80	77,60	146,50
MIN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90
N	20,00	21,00	23,00	15,00	8,00	5,00	0,00	2,00	9,00	8,00	16,00	20,00	31,00

ANEXOS

‘B’

**ESTUDIOS
GEOTECNICOS**

ANEXO B

B1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO M-A1



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO
Area de Ciencias y Tecnología
Laboratorio de Suelos



ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D422

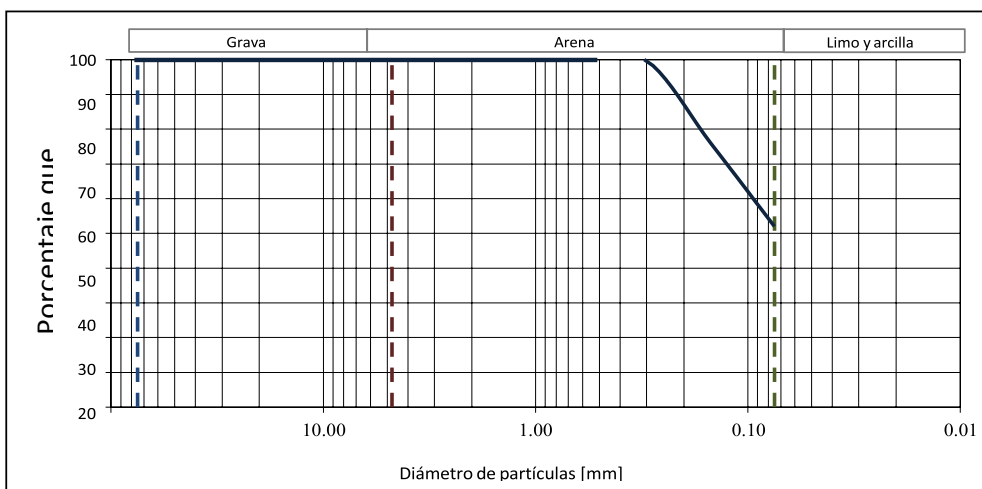
1. DATOS GENERALES

Proyecto: Galeria filtrante
 Cliente: tesista de la universidad amazonica de pando
 Ubicación: comunidad Villa Fatima
 Fecha: 14/10/2022
 Profundidad : m 0.50
 Identificación muestra: Punto 1 Muestra A1 Descripción: SUCS: Limo

2. DATOS TÉCNICOS

Masa Recipiente, g:	55.41
Masa Muestra seca + Recipiente, g:	787.13
Masa Muestra seca W _s :	731.72
M. Muestra seca reten. en el No 200 después del lavado, g:	358.17

Tamiz No.	Diámetro (mm)	Masa ret.(g)	Masa ret acum (g)	% retenido	% que pasa3"
	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	13.0	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2.000	0.23	0.23	0.03	99.97
30	0.600	1.08	1.31	0.18	99.82
50	0.300	0.73	2.04	0.28	99.72
100	0.150	172.90	174.94	23.91	76.09
200	0.075	175.75	350.69	47.93	52.07
Bandeja	0.000	7.48	731.72	100.00	0.00



% de grava:	0.00	D ₆₀ , mm:	0.09		
% de arena:	47.93	D ₃₀ , mm:	Suelo muy fino	Cc:	No necesario
% de finos:	52.07	D ₁₀ , mm:	Suelo muy fino	Cu:	No necesario

B2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO M-A2



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO
Area de Ciencias y Tecnologia
Laboratorio de Suelos



ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D422

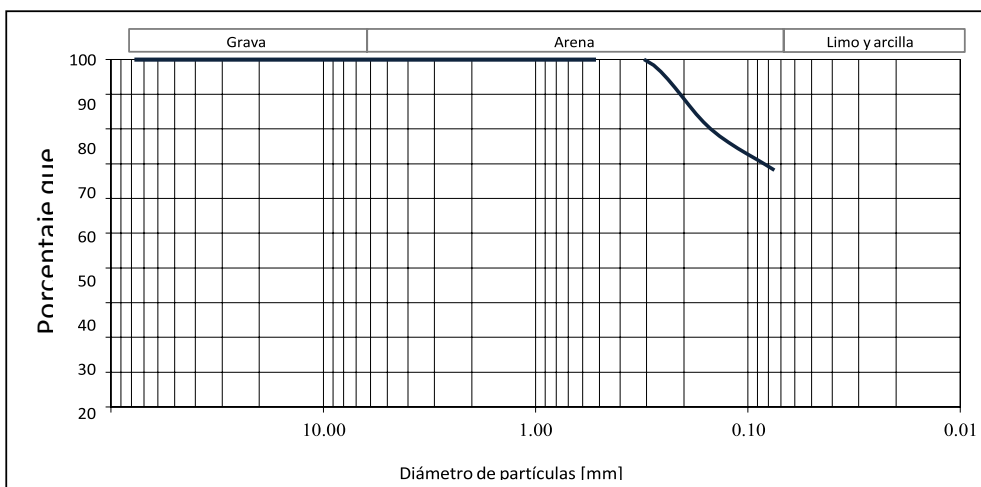
1. DATOS GENERALES

Proyecto: Galeria Filtrante
Cliente: Tesista Universidad Amazonica de Pando
Ubicación: Comunidad Villa Fatima
Identificación muestra: Punto 1 Muestra A2 Descripción: SUCS: Limo
Fecha: 07/10/2022
Profundidad : m 1.80

2. DATOS TÉCNICOS

Masa Recipiente, g:	53.44
Masa Muestra seca + Recipiente, g:	517.83
Masa Muestra seca W_s :	464.39
M. Muestra seca reten. en el No 200 después del lavado, g:	148.11

Tamiz No.	Diámetro (mm)	Masa ret.(g)	Masa ret acum (g)	% retenido	% que pasa3"
	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	13.0	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2.000	0.05	0.05	0.01	99.99
30	0.600	0.35	0.40	0.09	99.91
50	0.300	0.80	1.20	0.26	99.74
100	0.150	91.34	92.54	19.93	80.07
200	0.075	55.24	147.78	31.82	68.18
Bandeja	0.000	0.33	464.39	100.00	0.00



% de grava:	0.00	D ₆₀ , mm:	Suelo muy fino		
% de arena:	31.82	D ₃₀ , mm:	Suelo muy fino	Cc:	No necesario
% de finos:	68.18	D ₁₀ , mm:	Suelo muy fino	Cu:	No necesario

B3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO M-A3



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO
Area de Ciencias y Tecnologia
Laboratorio de Suelos



ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D422

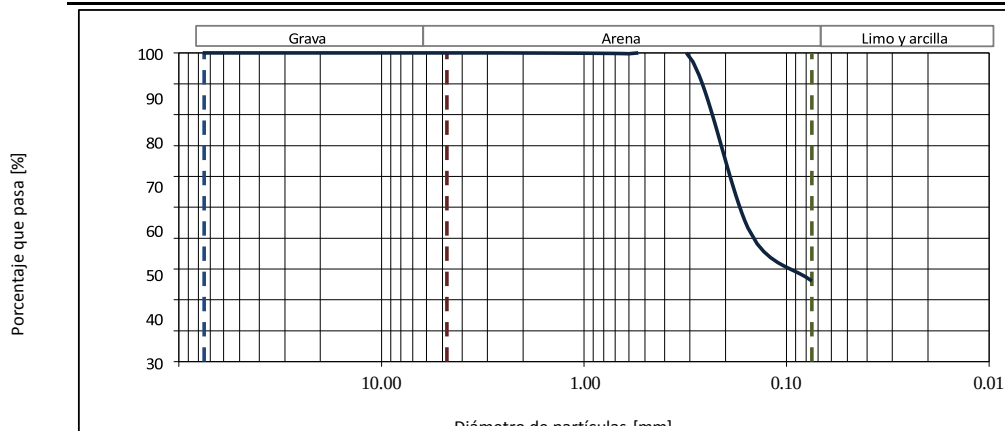
1. DATOS GENERALES

Proyecto:	Galeria Filtrante	Fecha:	10/10/2022
Cliente:	Tesista Universidad Amazonica de Pando	Profundidad : m	2.80
Ubicación:	comunidad Villa Fatima		
Identificación muestra:	Punto 1 Muestra A3	Descripción:	SUCS: Arena Limosa

2. DATOS TÉCNICOS

Masa Recipiente, g:	127.78
Masa Muestra seca + Recipiente, g:	835.53
Masa Muestra seca W_s :	707.75
M. Muestra seca reten. en el No 200 después del lavado, g:	526.92

Tamiz No.	Diámetro (mm)	Masa ret.(g)	Masa ret acum (g)	% retenido	% que pasa
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	13.0	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2.000	0.15	0.15	0.02	99.98
30	0.600	1.66	1.81	0.26	99.74
50	0.300	6.93	8.74	1.23	98.77
100	0.150	406.18	414.92	58.63	41.37
200	0.075	107.89	522.81	73.87	26.13
Bandeja	0.000	4.11	707.75	100.00	0.00



% de grava:	0.00	D ₆₀ , mm:	0.19		
% de arena:	73.87	D ₃₀ , mm:	0.09	Cc:	No necesario
% de finos:	26.13	D ₁₀ , mm:	Suelo muy fino	Cu:	No necesario

B4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO M-A4



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO
Area de Ciencias y Tecnología
Laboratorio de Suelos



ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D422

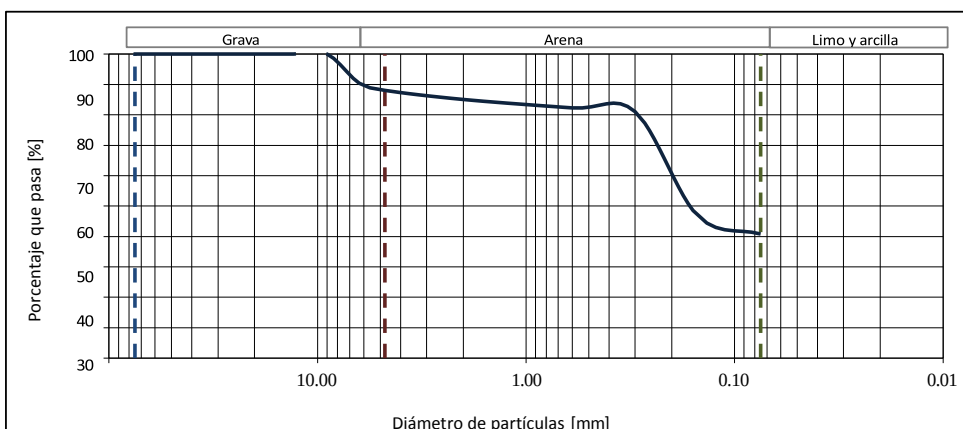
1. DATOS GENERALES

Proyecto:	Galeria Filtrante	Fecha:	10/10/2022
Cliente:	Tesista Universidad Amazonica de Pando	Profundidad : m	3.00
Ubicación:	Comunidad Villa Fatima	Identificación muestra:	Punto 1 Muestra A4
Descripción:	SUCS:	Arena Arcillosa	

2. DATOS TÉCNICOS

Masa Recipiente, g:	53.52
Masa Muestra seca + Recipiente, g:	810.31
Masa Muestra seca W_s :	756.79
M. Muestra seca reten. en el No 200 después del lavado, g:	447.96

Tamiz No.	Diámetro (mm)	Masa ret.(g)	Masa ret acum (g)	% retenido	% que pasa
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	13.0	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.3	72.80	72.80	9.62	90.38
4	4.750	17.63	90.43	11.95	88.05
10	2.000	22.65	113.08	14.94	85.06
30	0.600	21.02	134.10	17.72	82.28
50	0.300	9.40	143.50	18.96	81.04
100	0.150	259.50	403.00	53.25	46.75
200	0.075	44.90	447.90	59.18	40.82
Bandeja	0.000	0.06	756.79	100.00	0.00



% de grava:	11.95	D ₆₀ , mm:	0.20		
% de arena:	47.24	D ₃₀ , mm:	Suelo muy fino	Cc:	No necesario
% de finos:	40.82	D ₁₀ , mm:	Suelo muy fino	Cu:	No necesario

RESPONSABLE

B5. LÍMITES DE CONSISTENCIA M-A1



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO

Area de Ciencia y Tecnologia

Laboratorio de Suelos



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

1. DATOS GENERALES

Proyecto: **Galería filtrante en la comunidad de villa fatima**

Cliente: **tesista**

Fecha: **14/10/2022**

Ubicación: **comunidad villa fatima**

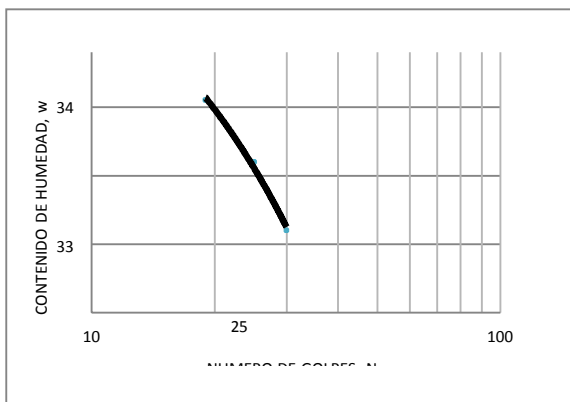
Profundidad, m : **0.50**

Identificación muestra: **Punto 1 Muestra A1**

Descripción: **limo**

2. LÍMITE LÍQUIDO

Número de contenedor	14	104	13	19
Masa de contenedor [g]	12.28	12.28	12.35	19.67
Número de golpes	19	25	30	35
Masa de suelo húmedo + contenedor [g]	30.65	26.70	29.88	41.32
Masa de suelo seco + contenedor [g]	27.08	23.97	26.61	37.34
Masa de suelo seco [g]	10.31	10.37	10.46	10.54
Masa de agua [g]	3.53	3.45	3.38	3.30
Contenido de humedad [%]	34.20	33.30	32.30	31.30



LÍMITE LÍQUIDO (%) = **23.36**

3. LÍMITE PLÁSTICO

Número de contenedor	40	32	35
Masa de contenedor [g]	14.38	14.35	14.44
Masa de suelo húmedo + contenedor [g]	15.62	18.36	18.32
Masa de suelo seco + contenedor [g]	15.44	17.74	17.71
Masa de suelo seco [g]	0.65	1.06	0.71
Masa de agua [g]	0.13	0.20	0.13
Contenido de humedad [%]	19.10	18.90	18.30

LÍMITE PLÁSTICO (%) = **17.97**

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) = **5.39**

RESPONSABLE

B6. LÍMITES DE CONSISTENCIA M-A4



UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

Area de Ciencia y Tecnología

Laboratorio de Suelos

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318



1. DATOS GENERALES

Proyecto: Galería filtrante en la comunidad de villa fatima

Cliente: tesista

Fecha: 14/10/2022

Ubicación: comunidad villa fatima

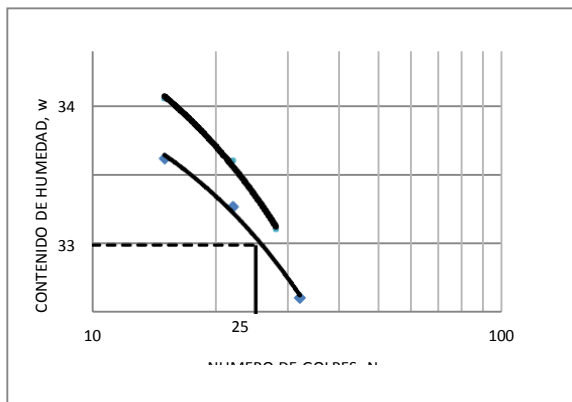
Profundidad, m : 3.00

Identificación muestra: Punto 1 Muestra A4

Descripción: Arena arcillosa

2. LÍMITE LÍQUIDO

Número de contenedor	01	02	04	06
Masa de contenedor [g]	14.03	14.08	14.17	14.11
Número de golpes	15	22	28	32
Masa de suelo húmedo + contenedor [g]	27.87	27.90	28.01	27.95
Masa de suelo seco + contenedor [g]	24.41	24.50	24.63	24.65
Masa de suelo seco [g]	10.31	10.37	10.46	10.54
Masa de agua [g]	3.53	3.45	3.38	3.30
Contenido de humedad [%]	34.20	33.30	32.30	31.30



3. LÍMITE PLÁSTICO

Número de contenedor	41	42	45
Masa de contenedor [g]	14.06	14.07	14.43
Masa de suelo húmedo + contenedor [g]	14.84	15.33	15.27
Masa de suelo seco + contenedor [g]	14.72	15.13	15.14
Masa de suelo seco [g]	0.65	1.06	0.71
Masa de agua [g]	0.13	0.20	0.13
Contenido de humedad [%]	19.10	18.90	18.30

LÍMITE PLÁSTICO (%) = 18.75

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) = 13.32

RESPONSABLE

B7. PERMEABILIDAD IN SITU P2



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO

Área de Ciencias y
TecnologíaLaboratorio
de Suelos



ENSAYO DE PERMEABILIDAD "IN SITU" (ASTM D2434)

1. DATOS GENERALES

Proyecto: diseño de galería filtrante en la comunidad de villa fatima

Cliente: tesista jose luis ayma

Ubicación: Comunidad de Villa Fatima

Profundidad, m: 0.50

Identificación de punto: Punto 2 UTM: 517574; 8773853

Operador: W. Mendoza

Fecha: 2022/11/20

2. DATOS TÉCNICOS

Diametro. cm: 10.00

Nº	T (min)	H (cm)
1	2.00	5.50
2	2.00	5.00
3	2.00	4.70
4	2.00	4.50
5	2.00	4.30
6	2.00	4.20
7	2.00	3.90
8	2.00	3.50
9	2.00	3.40
10	2.00	3.40

3. RESULTADOS

Coeficiente de permeabilidad

K = 0.2500 cm/seg

RESPONSABLE

B8. PERMEABILIDAD IN SITU P3



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO

Área de Ciencias y
TecnologíaLaboratorio
de Suelos



ENSAYO DE PERMEABILIDAD "IN SITU" (ASTM D2434)

1. DATOS GENERALES

Proyecto: diseño de galería filtrante en la comunidad de villa fatima

Cliente: tesista jose luis ayma

Ubicación: Comunidad de Villa Fatima

Profundidad, m: 0.63

Identificación de punto: Punto 3 UTM: 517574; 8773853

Operador: W. Mendoza

Fecha: 2022/11/20

2. DATOS TÉCNICOS

Diametro. cm: 10.00

Nº	T (min)	H (cm)
1	2.00	9.00
2	2.00	6.50
3	2.00	5.20
4	2.00	4.20
5	2.00	4.00
6	2.00	4.00
7	2.00	4.00
8	2.00	4.00
9	2.00	3.95
10	2.00	3.90

3. RESULTADOS

Coeficiente de permeabilidad

K = 0.2500 cm/seg

RESPONSABLE

B9. PERMEABILIDAD EN LABORATORIO P4

PERMEABILIDAD BAJO CARGA CONSTANTE

1. DATOS GENERALES

Proyecto: diseño de galería filtrante en la comunidad de villa fatima

Cliente: tesista

Ubicación: Comunidad de Villa Fatima

Profundidad, 3.50

Identificación muestra: Punto 4 UTM: 517574; 8773853

Operador: Jose Ayma

Fecha: 2022/02/19

2. DATOS TÉCNICOS

Altura	150	mm	peso celda	2998	gr
Diametro	9.5	cm	p.celda+muestra	3998	gr
Area	70.85	cm ²	peso muestra	1000	gr
longitud	10	cm			

carga H (cm)	tiempo t (seg)	lectura ml	temperatura g°
90	120	300	26
90	115	300	26
90	115	300	26
90	110	300	26
90	110	300	26
90	108	300	26

3. PROMEDIO DE CARGA HIDRAULICA

Hpromedio	90.00	cm
t promedio	113	seg

4. VOLUMEN PROMEDIO

$V = A * H \text{ prom}$

V =	6376.16	cm ³
-----	---------	-----------------

5. RESULTADOS

$k = (V * L) / H * T * A$

K =	0.4166	cm/seg	K = 0.004166 m/seg
-----	--------	--------	--------------------

B10. VALORES DE COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD

4-3.2 Valores del coeficiente de permeabilidad en distintos suelos

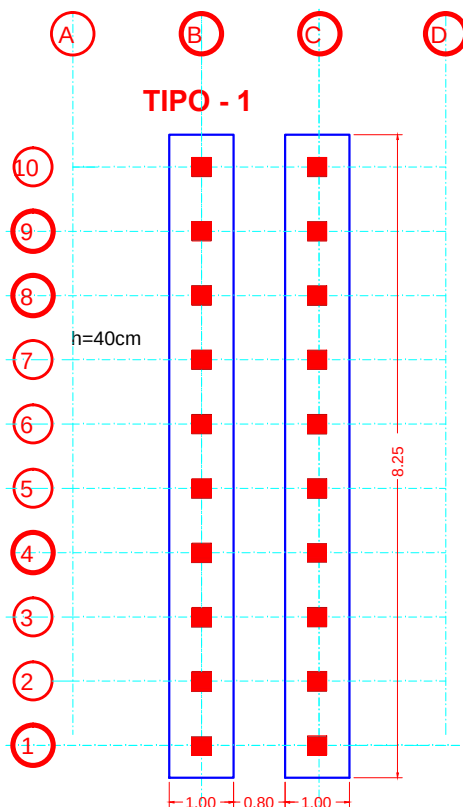
La tabla I, expresa valores del coeficiente de permeabilidad y formas de determinarlo, relacionándolo con las condiciones de drenaje^c y el tipo de suelo.
[8]

TABLA I: Valores de k en cm/seg

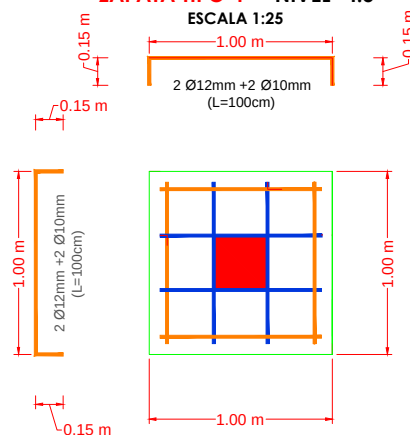
	100	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Bueno						Pobre		Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada				Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición			
					Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. ^d							
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.											
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.											
Determinación indirecta de k		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.				Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.			
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.								Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia			

ANEXOS
‘C’
PLANOS
CONSTRUCTIVOS

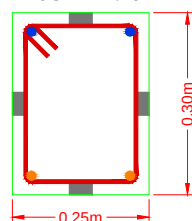
CROQUIS: DISPOSICION DE FUNDACIONES
VISTA EN PLANTA NIVEL -4.60
 ESCALA 1:100



DISPOSICION DE ARMADURA INFERIOR
ZAPATA TIPO-1 NIVEL -4.5
 ESCALA 1:25



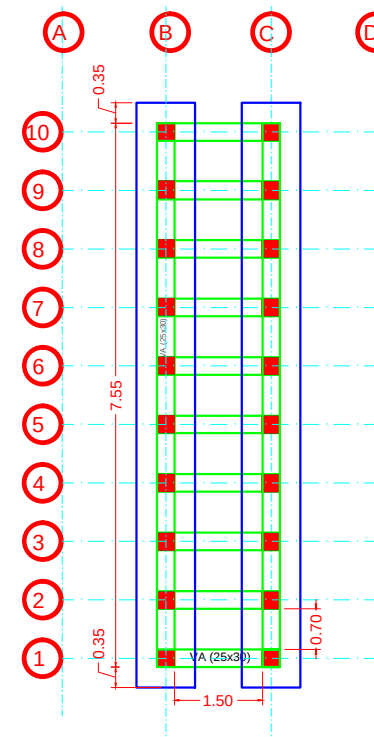
SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (25x30)
ARMADURA MINIMA
 ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
 Superior 2Ø10mm
 Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
 EØ6mm c/12cm

CROQUIS: DISPOSICION DE VIGAS DE ARRIOSTRE 25x30
VISTA EN PLANTA NIVEL -3.80
 ESCALA 1:100



PROYECTO:

**“DISEÑO DE GALERIA
 FILTRANTE”**

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

ESCALA:

Indicada

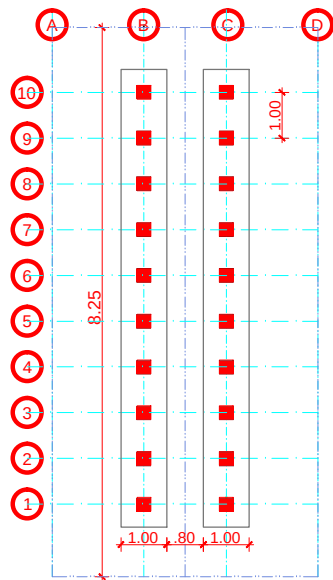
FECHA:

febrero 2024

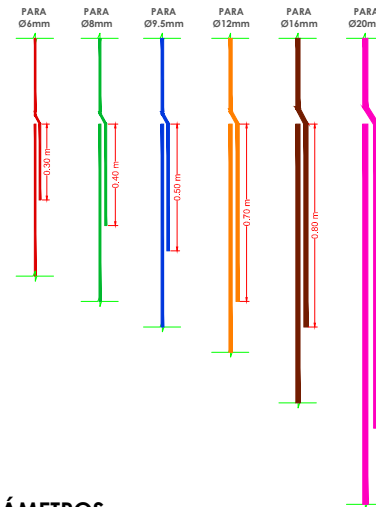
LAMINA:

1/31

CROQUIS: DISPOSICION DE COLUMNAS 30X30
VISTA EN PLANTA NIVEL -3.80
ESCALA 1:100



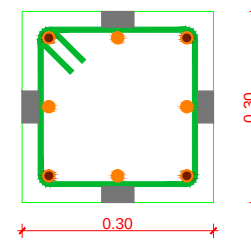
LONGITUD DE EMPALME DE VARILLAS EN: FUNDACIONES, MUROS DE SOTANO,
LOSAS, ESCALERAS, VIGAS Y COLUMNAS
ESCALA 1:10



DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm
DIAMETRO Ø8 mm
DIAMETRO Ø10 mm
DIAMETRO Ø12 mm
DIAMETRO Ø16 mm

SECCIÓN TRANSVERSAL
COLUMNA T-1 (30x30) H=1m
ESCALA 1:10



REFUERZO LONGITUDINAL
4Ø16mm + 4Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ8mm c/15cm

PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

ESCALA:

Indicada

FECHA:

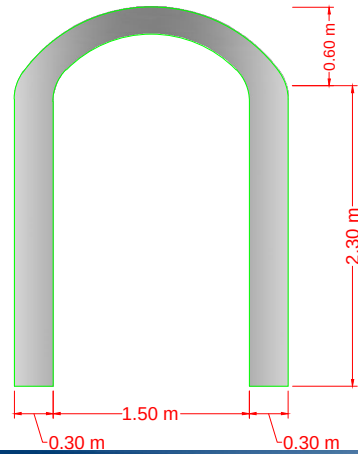
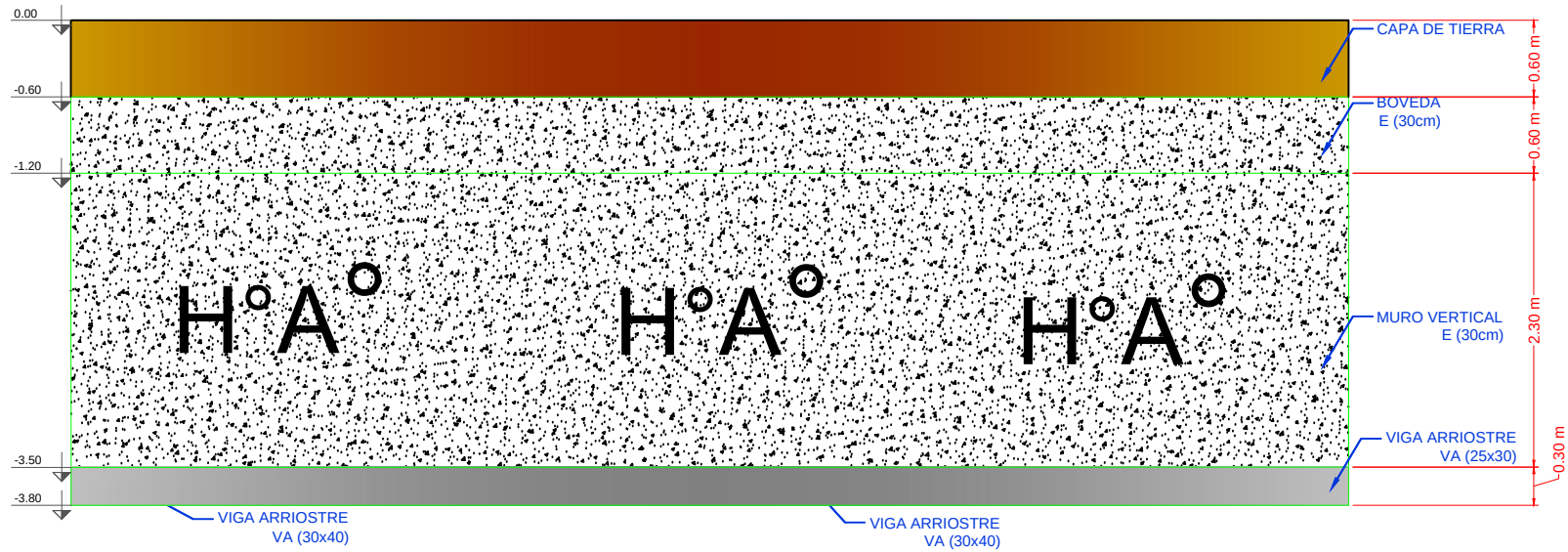
febrero 2024

LAMINA:

2/31

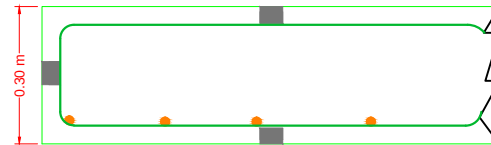
DISPOSICION DE ARMADO MURO DE H°C° (e=30cm) L= 16.5 m

ESCALA 1:35



SECCIÓN TRANSVERSAL MURO H°A°

Armado para 1m de muro
ESCALA 1:10



REFUERZO LONGITUDINAL
4Ø12mm c/30cm
REFUERZO TRANSVERSAL
EØ8mm c/15cm

PLANOS ESTRUCTURALES

PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

ESCALA:

Indicada

FECHA:

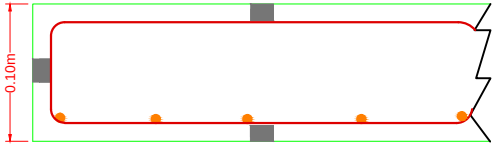
febrero 2024

LAMINA:

3/31

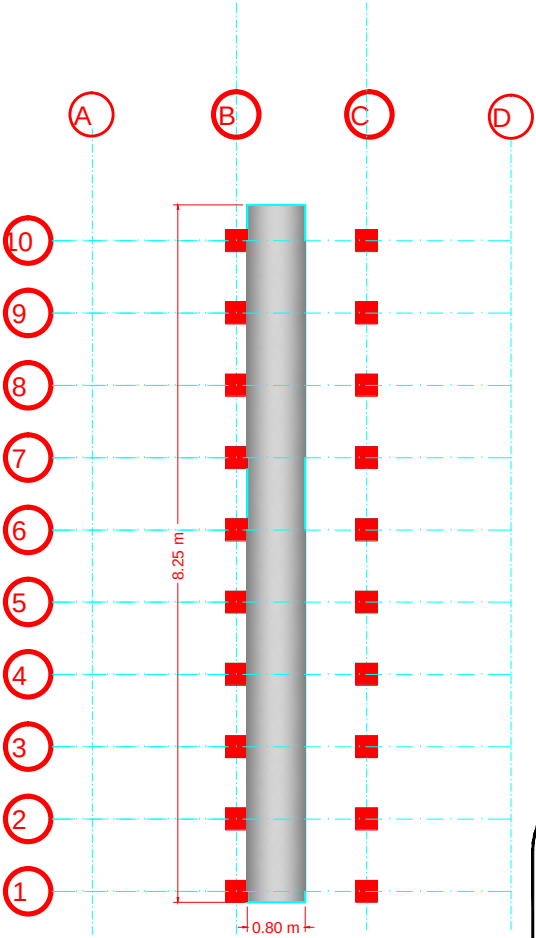
DISPOSICION DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA LOSA
(LR h=10 cm) NIVEL +/-3.50
ESCALA 1:100

SECCIÓN TRANSVERSAL
LOSA MACIZA DE HºAº
Armado para 1m de losa
ESCALA 1:10



REFUERZO LONGITUDINAL
4Ø12mm c/30cm
REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm

DISPOSICION DE ARMADURA INFERIOR LOSA MACISA
(LR h=10cm) NIVEL +/-3.50
ESCALA 1:100



REFERENCIAS

DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]	SEPARACION
EØ10 c/20 cm		
Nº BARRAS	DIAMETRO [mm]	LONGITUD
2Ø20 (L=600 cm)		

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	

PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESPECIALISTA:
Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

ESCALA:

Indicada

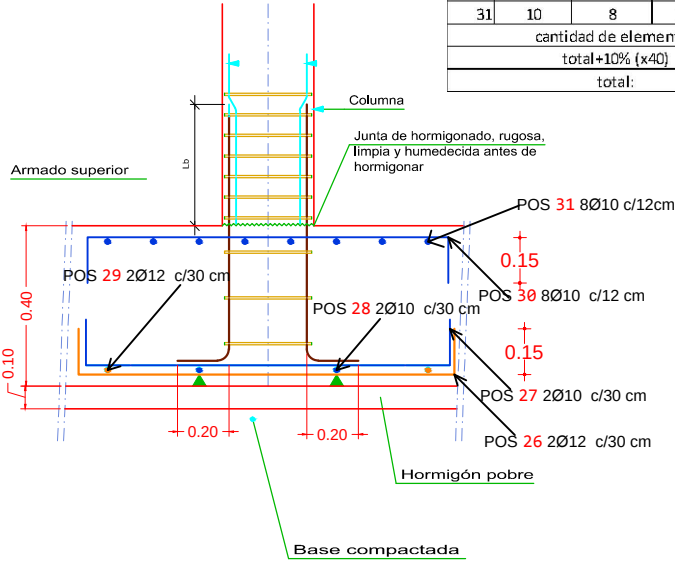
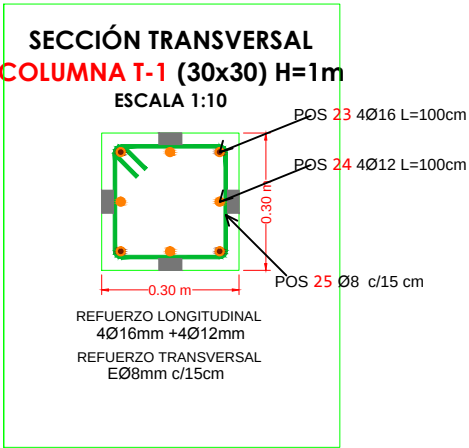
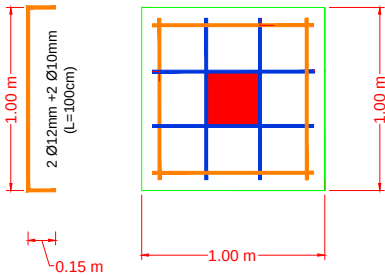
FECHA:

febrero 2024

LAMINA:

4/31

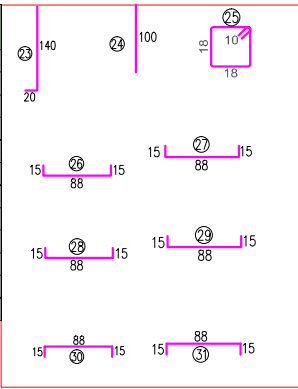
METRADO DE ACEROS ZAPATAS Y COLUMNAS
(L=1m) NIVEL +/-4.50
ESCALA 1:10



DIÁMETROS

- DIAMETRO Ø6 mm
- DIAMETRO Ø8 mm
- DIAMETRO Ø10 mm
- DIAMETRO Ø12 mm
- DIAMETRO Ø16 mm

posc.	diametro	N° barras	longitud cm	total cm	grado 60 kg
23	16	4	160	640	6,4
24	12	4	100	640	5,7
25	8	6	46	276	1,1
26	12	2	118	236	2,1
27	10	2	118	236	1,3
28	10	2	118	236	1,3
29	12	2	118	236	2,1
30	10	8	118	944	5,3
31	10	8	118	944	5,3
cantidad de elementos					
total+10% (x40)					34,4
total:					1376,0



PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESCALA:

Indicada

ESPECIALISTA:

FECHA:

febrero 2024

REVISION:

LAMINA:

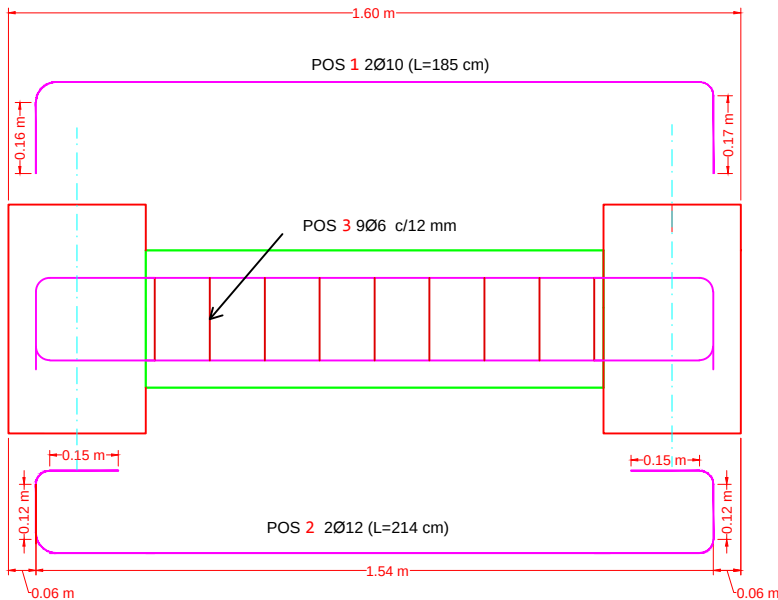
APROBACION

5/31

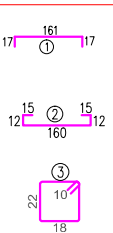
METRADO DE ACEROS VIGA DE ARRIOSTRE

TIPO 1 (L=1m) NIVEL +/-3.50

ESCALA 1:10



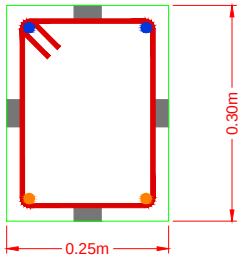
posc.	diametro	N° barras	longitud cm	total cm	grado 60 kg
1	10	2	185	37	2,0
2	12	2	214	428	3,8
3	6	9	50	450	1,0
cantidad de elementos					
total+10% (x40)					7,48
total:					299,2



SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (25x30)

ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/12cm

REFERENCIAS

DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]
EØ10 c/20 cm	SEPARACION
N° BARRAS	DIAMETRO [mm]
2Ø20 (L=600 cm)	LONGITUD

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: f_c=210
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento : 6 cm

PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESCALA:

Indicada

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

FECHA:

febrero 2024

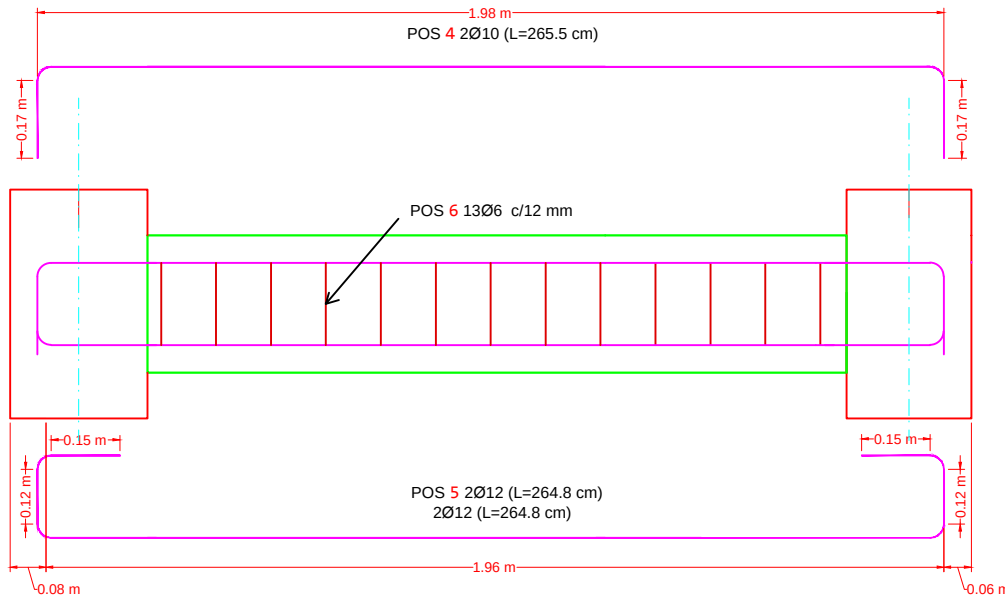
LAMINA:

6/31

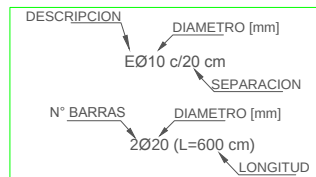
METRADO DE ACEROS VIGA DE ARRIOSTRE

TIPO 2 (L=1.5m) NIVEL +/-3.50

ESCALA 1:10



REFERENCIAS

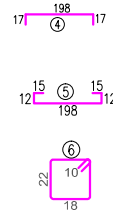


DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm
DIAMETRO Ø8 mm
DIAMETRO Ø10 mm
DIAMETRO Ø12 mm
DIAMETRO Ø16 mm

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: f'c=210
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento: 6 cm

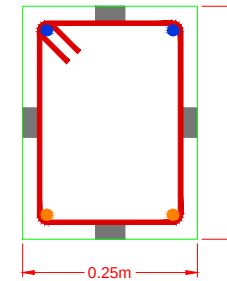
posc.	diametro	N° barras	longitud cm	total cm	grado 60 kg
4	10	2	235,5	471	2,6
5	12	2	264,8	529,6	4,7
6	6	13	50	650	1,5
cantidad de elementos					
total+10% (x20)					9,68
total:					193,6



SECCIÓN TRANSVERSAL VIGA ARRIOSTRE (25x30)

ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/12cm

PROYECTO:

**“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”**

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESCALA:

Indicada

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

FECHA:

febrero 2024

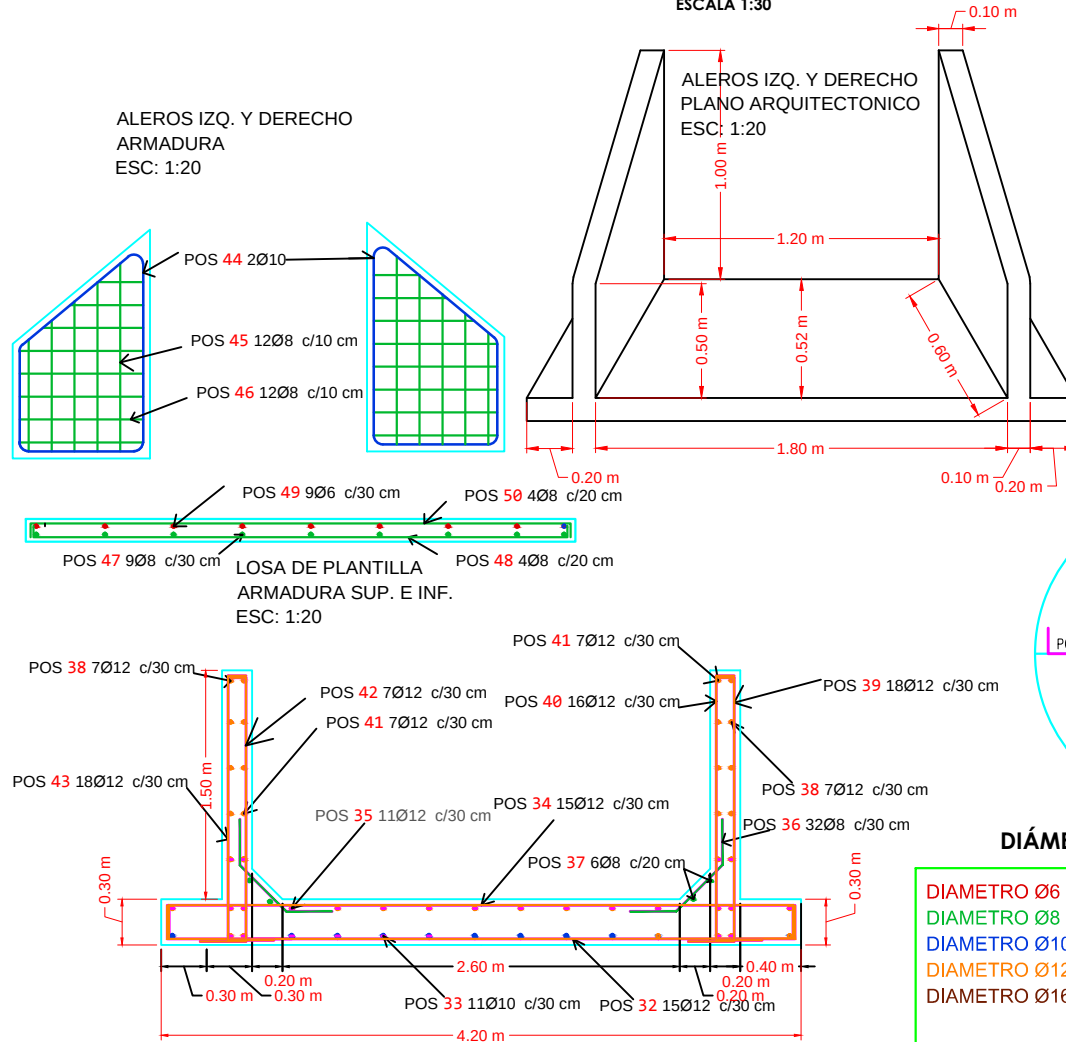
LAMINA:

7/31

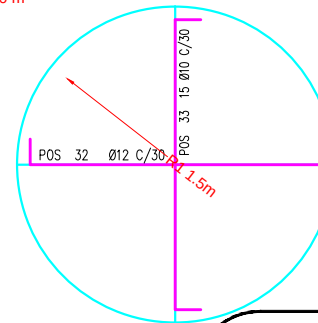
ESCALA 1:15



METRADO DE ACEROS TANQUE DE BOMBEO CILINDRICO (D= 3m) NIVEL +/-6.50 ESCALA 1:30



posc.	diametro	Nº barras	longitud cm	total cm	grado 60 kg
32	12	15	450	6750	60,0
33	10	11	450	4950	27,7
34	12	15	450	6750	60,0
35	12	11	450	4950	27,7
36	8	32	83	2656	10,5
37	8	6	170	2820	11,2
38	12	7	535	3745	33,3
39	12	18	218	3924	34,8
40	12	16	218	3488	30,9
41	12	7	490	3430	30,5
42	12	16	218	3488	30,9
43	12	16	218	3924	34,8
44	10	2	236	472	2,6
45	8	12	90	1080	4,3
46	8	12	60	720	2,9
47	8	9	60	540	2,1
48	8	4	240	960	3,8
49	6	9	60	540	1,2
50	8	4	240	960	3,8
cantidad de elementos					
total+10%					454,3
total :					454,3



LOSA DE CIMENTACION
ARMADURA INFERIOR
ESC: 1:35

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm
DIAMETRO Ø8 mm
DIAMETRO Ø10 mm
DIAMETRO Ø12 mm
DIAMETRO Ø16 mm

PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE”

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESCALA:

Indicada

ESPECIALISTA:

FECHA:

Est. Jose Luis Ayma

febrero 2024

REVISION:

LAMINA:

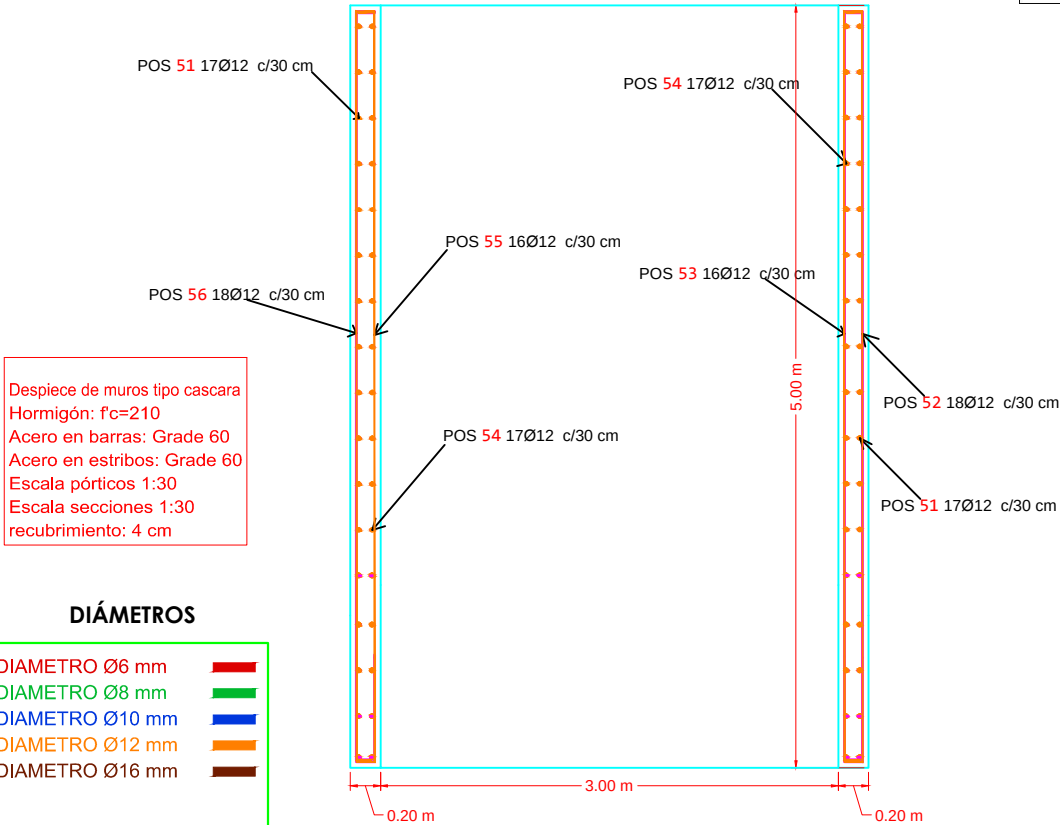
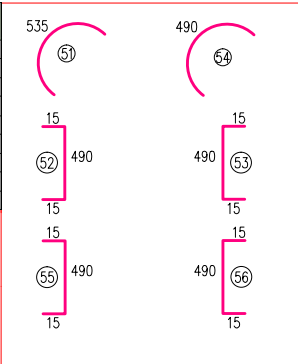
APROBACION

9/31

PLANOS ESTRUCTURALES

METRADO DE ACEROS CASCARA CILINDRO
(D= 3m) NIVEL +/-5.00
ESCALA 1:30

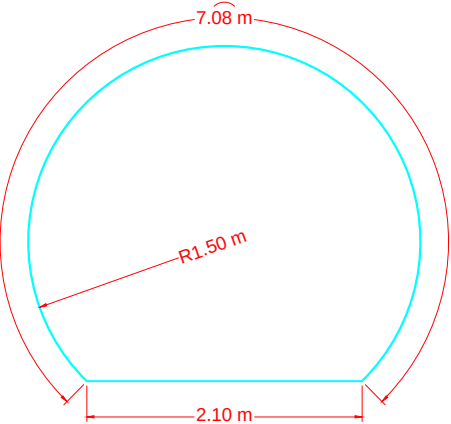
posc.	diametro	N° barras	longitud cm	total cm	grado 60 kg
51	12	17	535	9095	80,8
52	12	18	520	9360	83,1
53	12	16	520	8320	73,9
54	12	17	490	8320	74,0
55	12	16	520	8320	74,0
56	12	18	520	9360	83,1
cantidad de elementos					
total+10%					515,8
total:					515,8



Despiece de muros tipo cascara
Hormigón: f'c=210
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:30
Escala secciones 1:30
recubrimiento: 4 cm

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	



PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS EN PLANTA
ARMADURA SUPERIOR CASCARA
ESC.: 1:35

ESCALA:
Indicada

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

FECHA:

febrero 2024

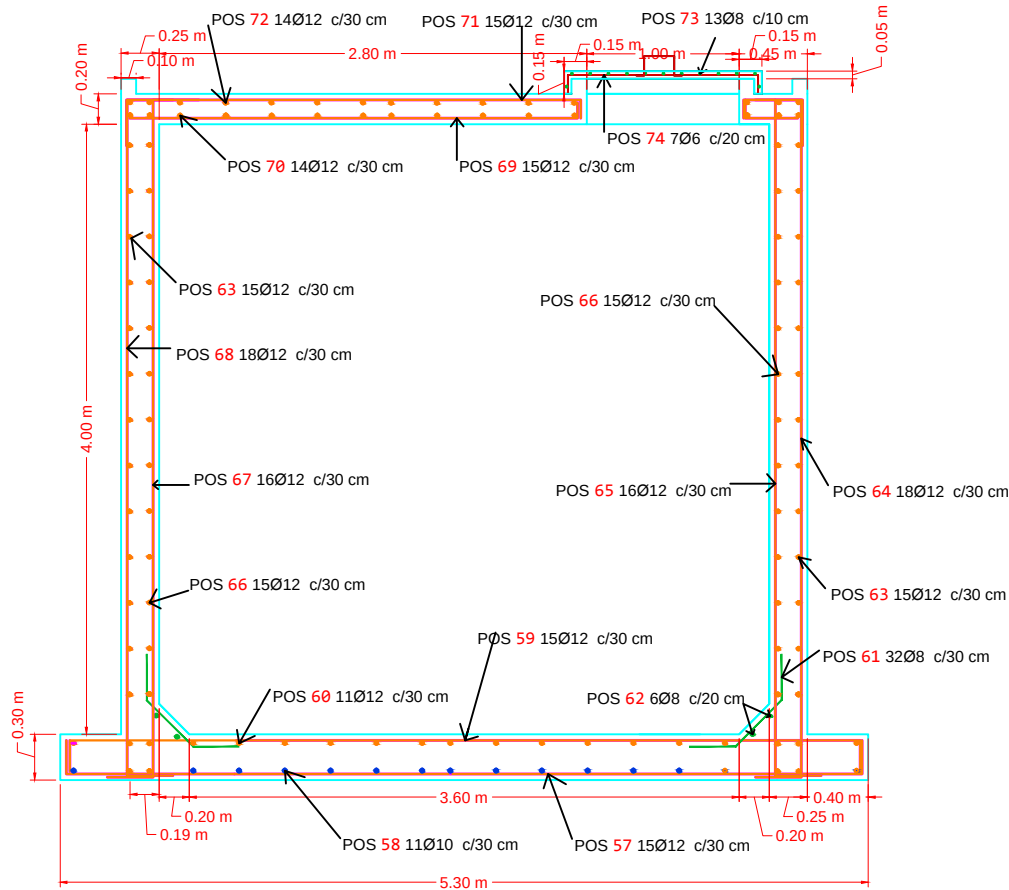
LAMINA:

10/31

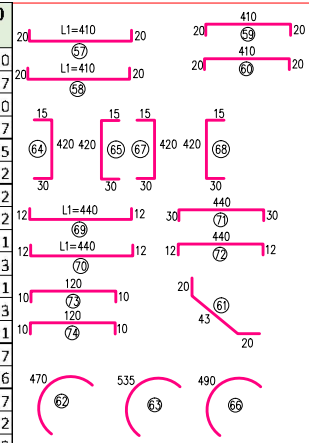
METRADO DE ACEROS TANQUE CILINDRO

(D= 3m) NIVEL +/-9.00

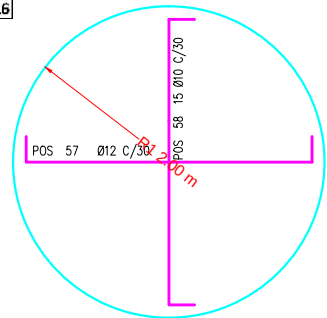
ESCALA 1:30



posc.	diametro	N° barras	longitud cm	total cm	grado 60 kg
57	12	15	450	6750	60,0
58	10	11	450	4950	27,7
59	12	15	450	6750	60,0
60	12	11	450	4950	27,7
61	8	32	83	2656	10,5
62	8	6	470	2820	11,2
63	12	15	535	8025	71,2
64	12	18	465	8370	74,2
65	12	16	465	7440	66,1
66	12	15	490	7350	65,3
67	12	16	465	7440	66,1
68	12	18	465	8370	74,3
69	12	15	464	6960	62,1
70	12	14	464	6496	57,7
71	12	15	500	7500	66,6
72	12	14	464	6496	57,7
73	8	13	140	1820	7,2
74	8	7	140	980	2,2
cantidad de elementos					
total+10%					954,6
total:					954,6



LOSA DE CIMENTACION
ARMADURA INFERIOR
ESC: 1:35



PROYECTO:

**“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”**

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESCALA:

Indicada

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

FECHA:

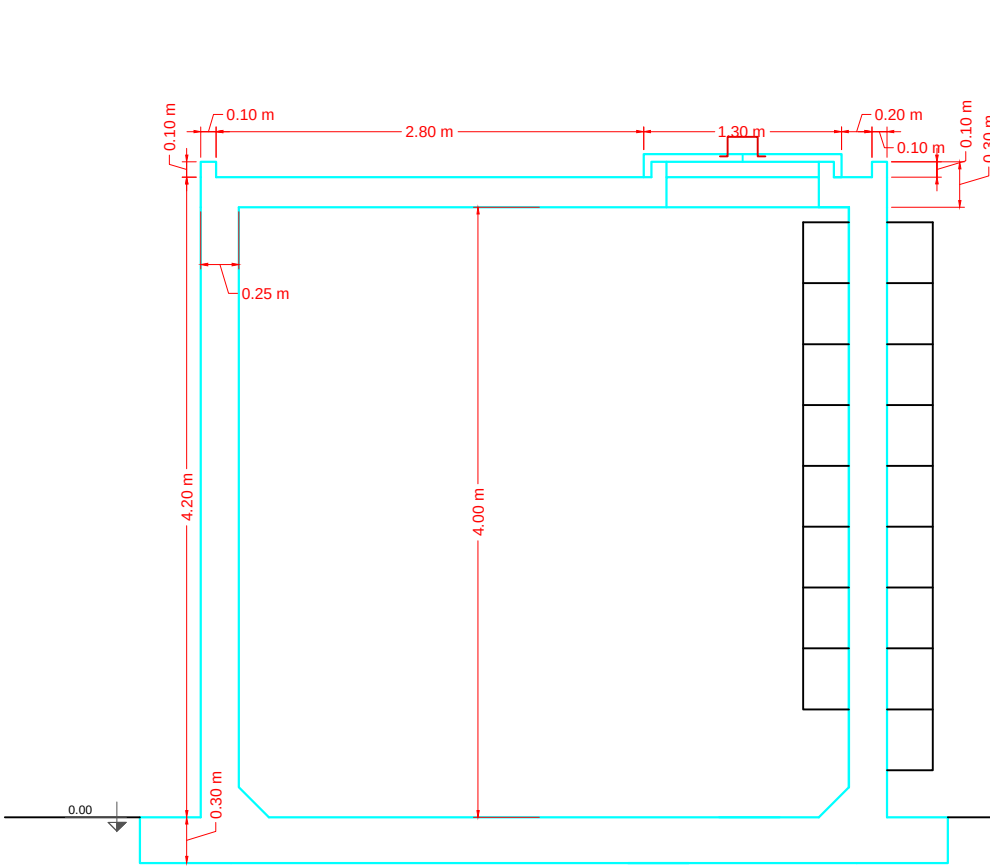
febrero 2024

LAMINA:

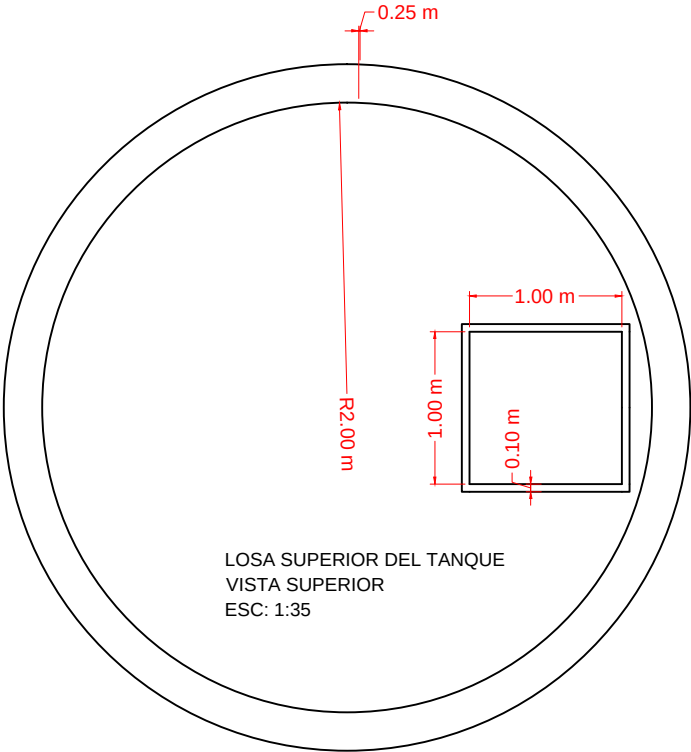
11/31

PLANOS ESTRUCTURALES

PLANO ARQUITECTONICO DEL TANQUE CILINDRO
(D= 4m) NIVEL +/4.00
ESCALA 1:30



TANQUE DE ALMACENAMIENTO
PLANO ARQUITECTONICO
ESC: 1:30



LOSA SUPERIOR DEL TANQUE
VISTA SUPERIOR
ESC: 1:35

PROYECTO:

**“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”**

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

ESCALA:

Indicada

FECHA:

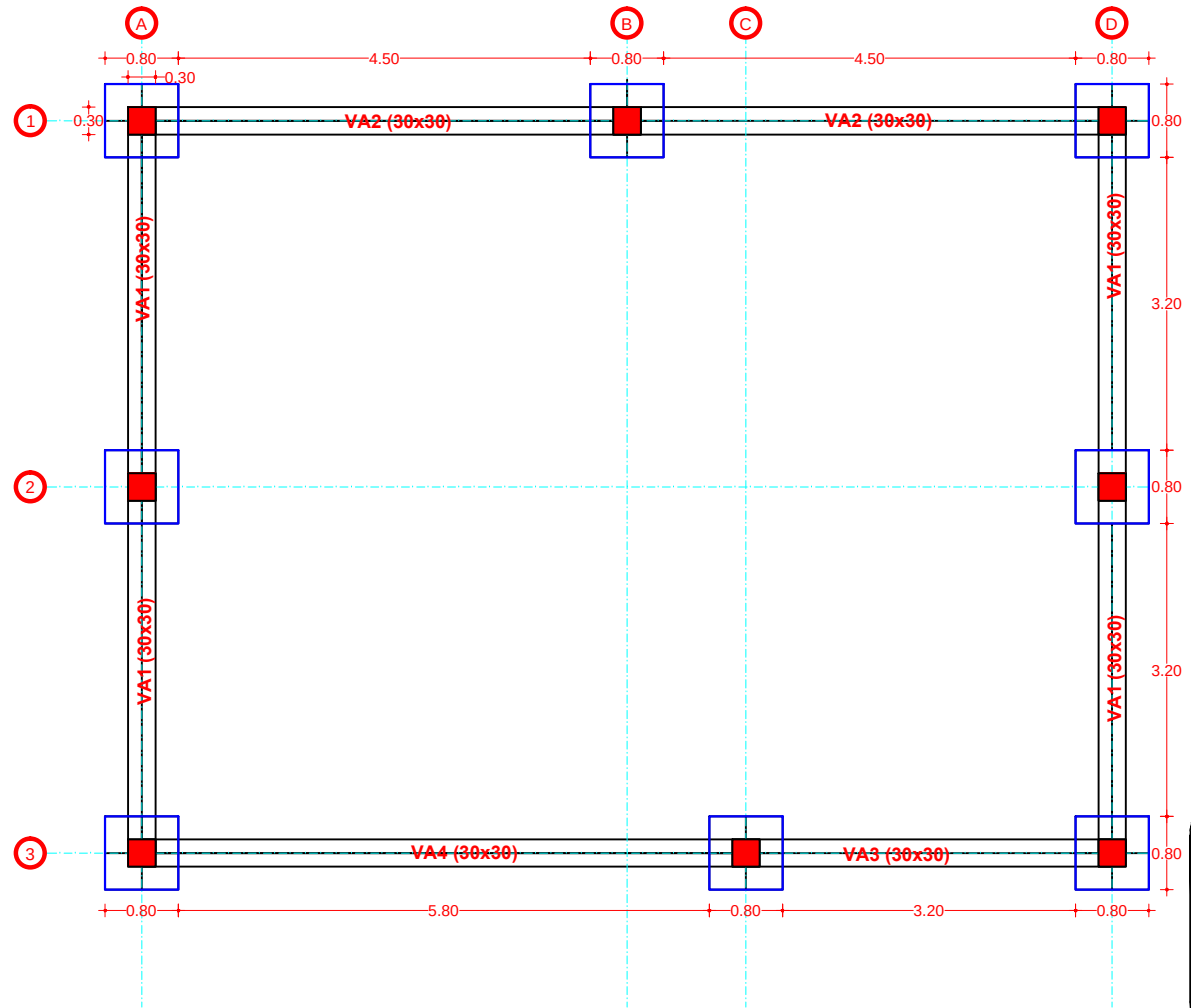
febrero 2024

LAMINA:

12/31

CROQUIS: CASETA DE CONTROL ZAPATA Y CIMIENTOS
VISTA EN PLANTA

ESCALA 1:50

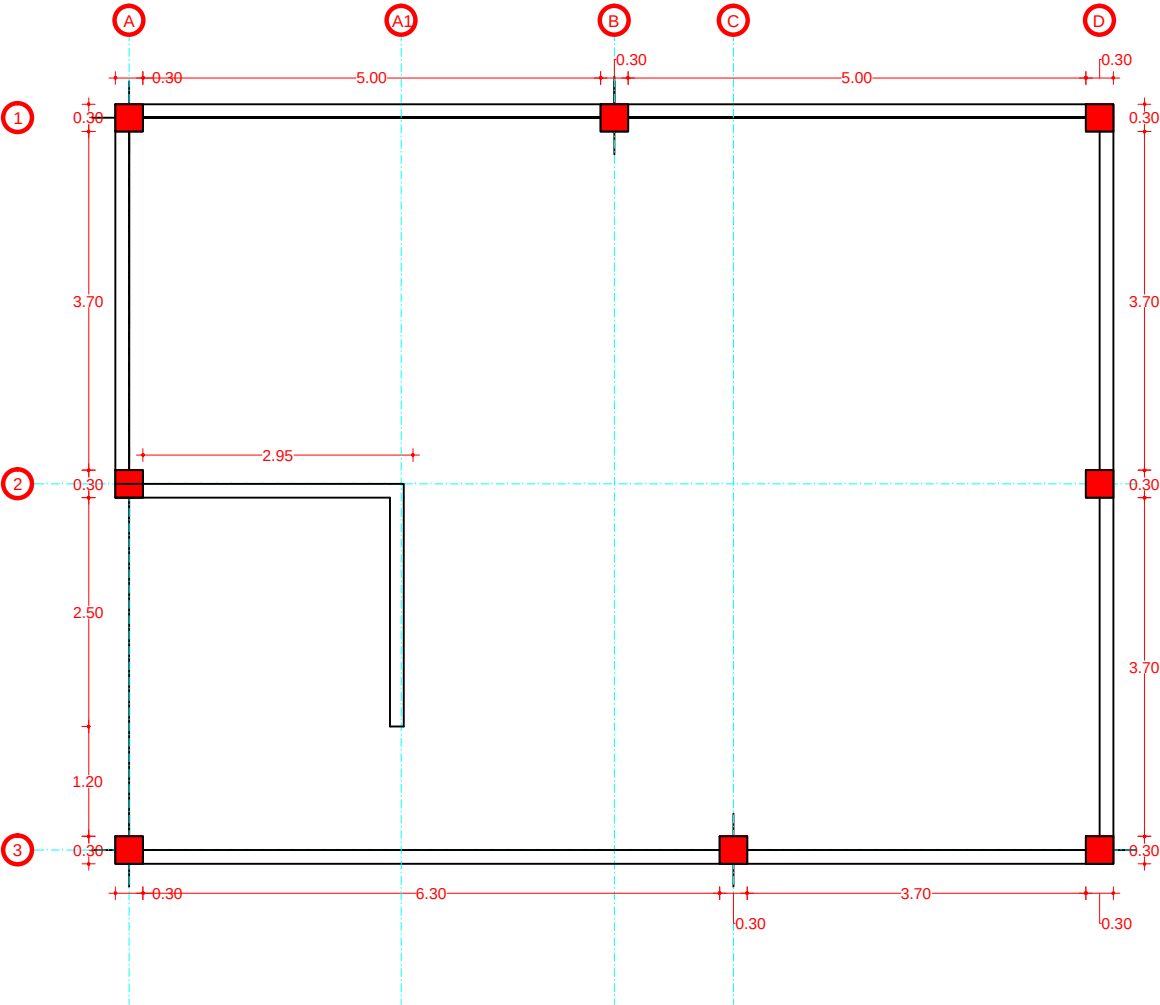


PLANOS ESTRUCTURALES

PROYECTO: "DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE"	PLANOS:	ESCALA:
		Indicada
	ESPECIALISTA:	FECHA:
	Est. Jose Luis Ayma	febrero 2024
LUGAR: COMUNIDAD VILLA FATIMA	REVISION:	LAMINA:
	APROBACION	13/31

CROQUIS: CASETA DE CONTROL MUROS
VISTA EN PLANTA E= 12 cm

ESCALA 1:50



PLANOS ESTRUCTURALES

PROYECTO:

**“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”**

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

ESCALA:

Indicada

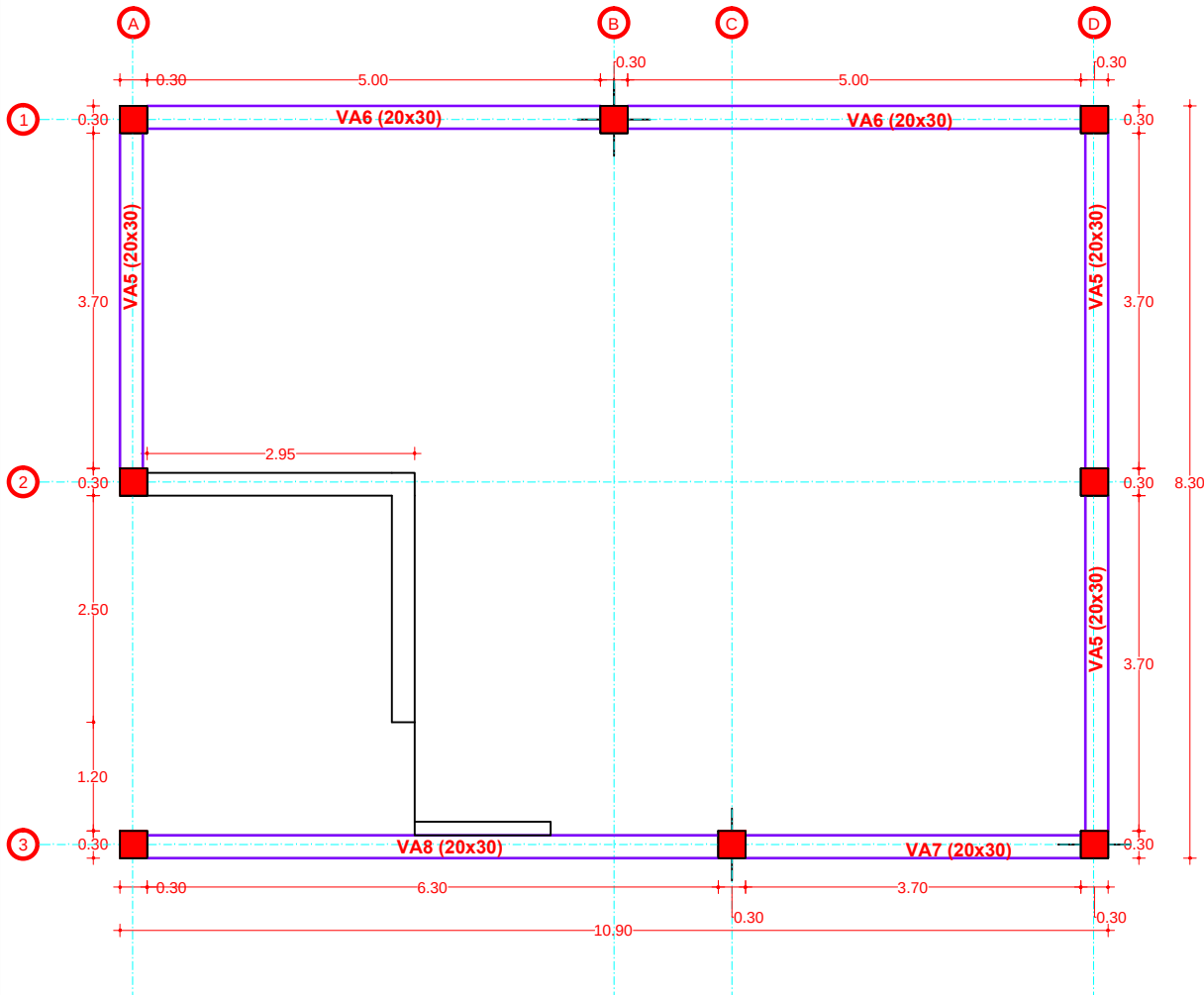
FECHA:

febrero 2024

LAMINA:

14/31

CROQUIS: CASETA DE CONTROL VIGAS DE ENCADENADO
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:50



PLANOS ESTRUCTURALES

PROYECTO:

**“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”**

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

ESCALA:

Indicada

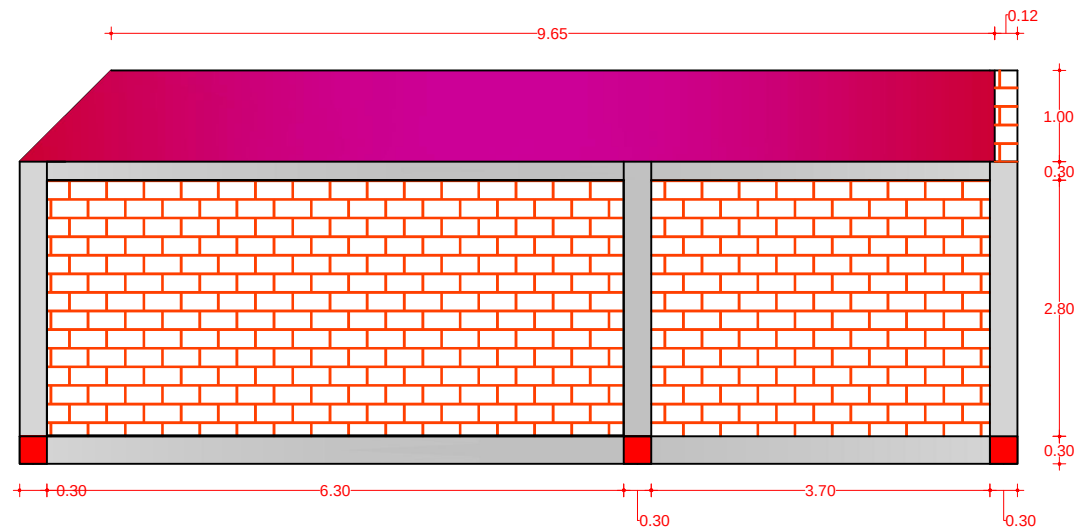
FECHA:

febrero 2024

LAMINA:

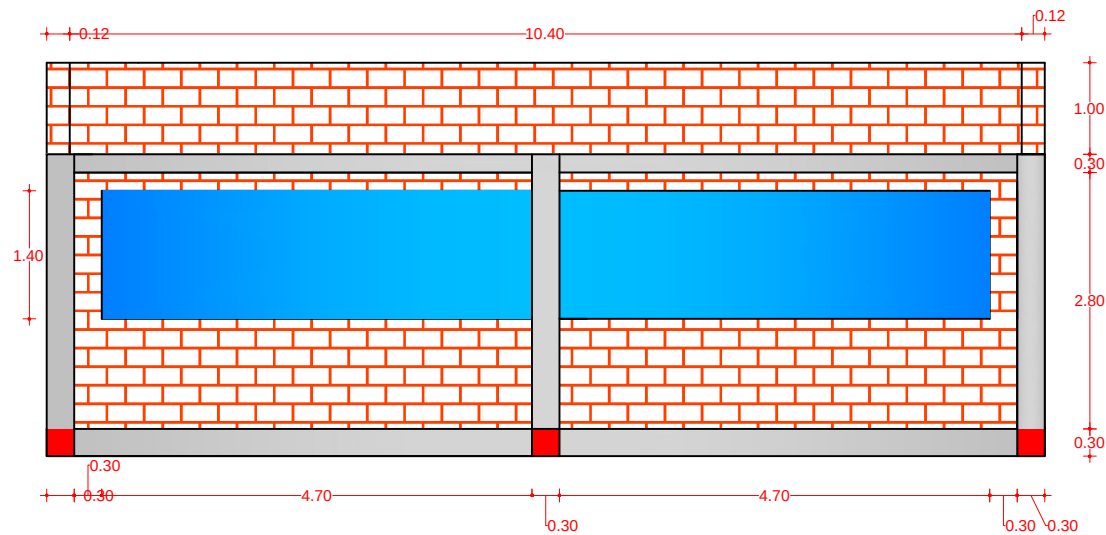
15/31

CROQUIS: CASETA DE CONTROL MUROS FRONTAL
VISTA EN ELEVACIÓN
 ESCALA 1:50



PROYECTO:	PLANOS:	ESCALA:
"DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE"		Indicada
	ESPECIALISTA:	FECHA:
LUGAR:	Est. Jose Luis Ayma	febrero 2024
COMUNIDAD VILLA FATIMA	REVISION:	LAMINA:
	APROBACION	16/31

CROQUIS: CASETA DE CONTROL MUROS POSTERIOR
VISTA EN ELEVACION
 ESCALA 1:50



PROYECTO:

**“DISEÑO DE GALERIA
 FILTRANTE”**

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

ESCALA:

Indicada

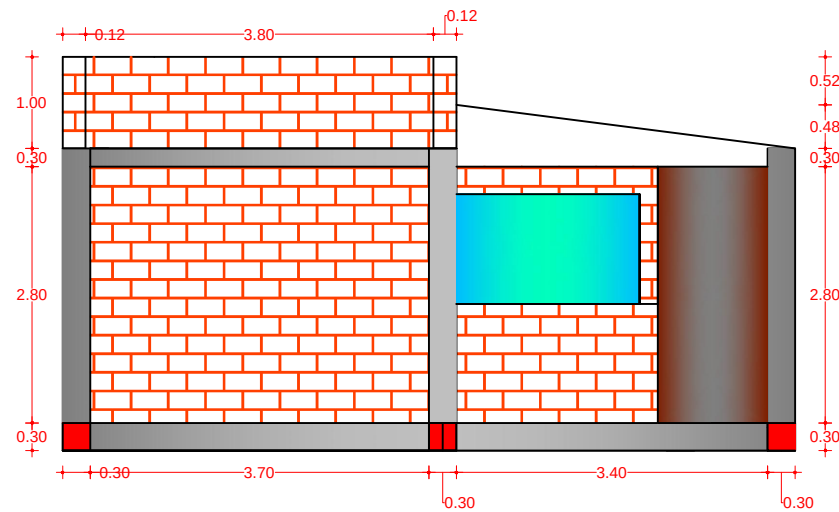
FECHA:

febrero 2024

LAMINA:

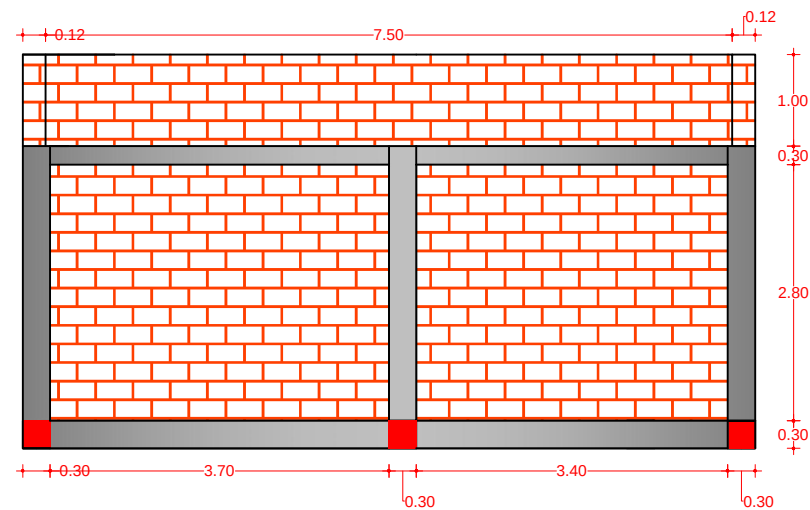
17/31

CROQUIS: CASETA DE CONTROL MUROS IZQUIERDO
VISTA EN ELEVACION
 ESCALA 1:50



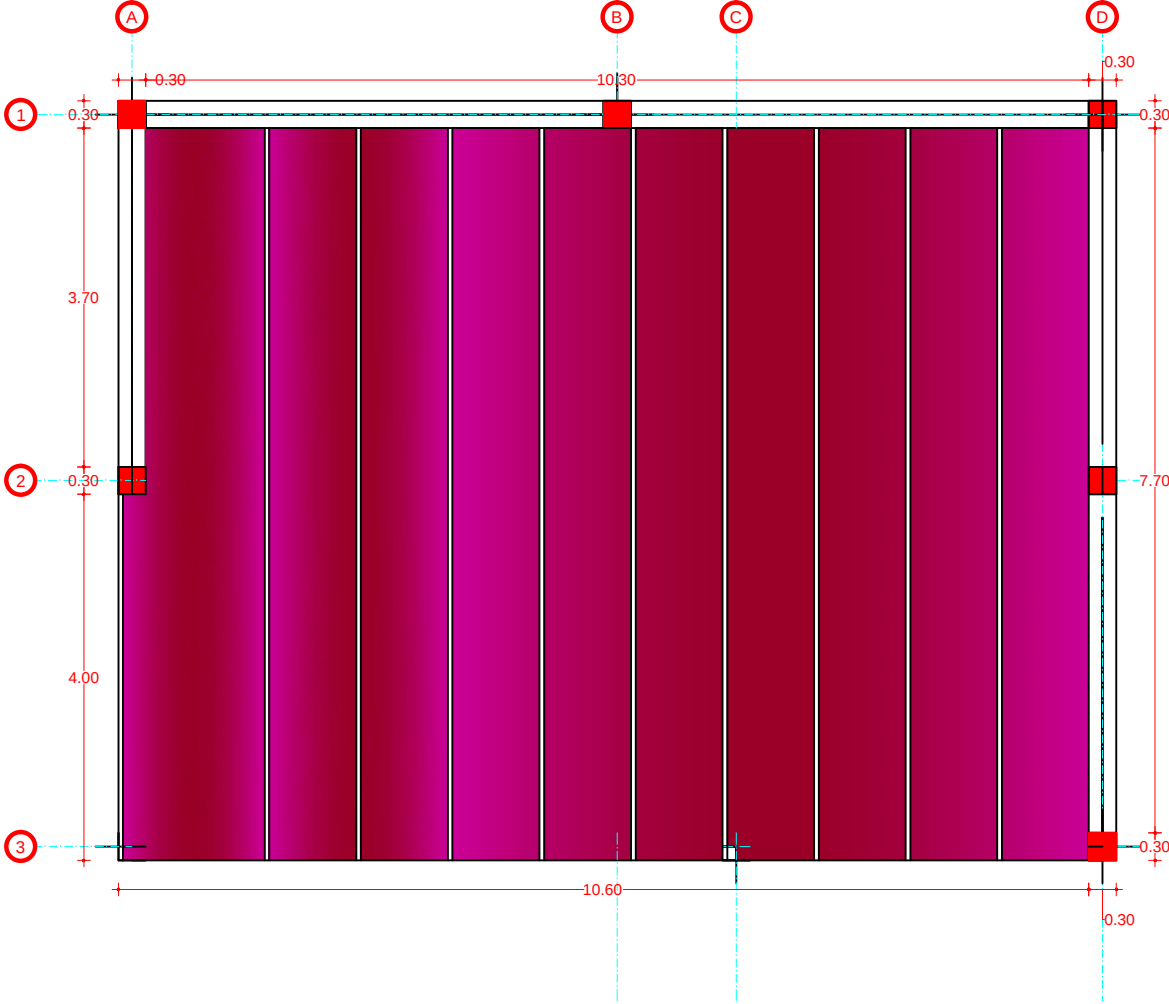
PROYECTO: “DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE”	PLANOS:	ESCALA:
		Indicada
LUGAR: COMUNIDAD VILLA FATIMA	ESPECIALISTA:	FECHA:
	Est. Jose Luis Ayma	febrero 2024
	REVISION:	LAMINA:
	APROBACION	18/31

CROQUIS: CASETA DE CONTROL MUROS DERECHO
VISTA EN ELEVACION
 ESCALA 1:50



PROYECTO: “DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE” LUGAR: COMUNIDAD VILLA FATIMA	PLANOS:	ESCALA: Indicada
	ESPECIALISTA: Est. Jose Luis Ayma	FECHA: febrero 2024
	REVISION:	LAMINA:
	APROBACION	19/31

CROQUIS: CASETA DE CONTROL CUBIERTA
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:50



PLANOS ESTRUCTURALES

PROYECTO:

**“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”**

LUGAR:

COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS:

ESCALA:

Indicada

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma

REVISION:

APROBACION

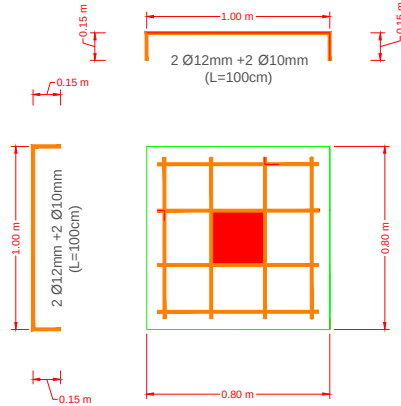
FECHA:

febrero 2024

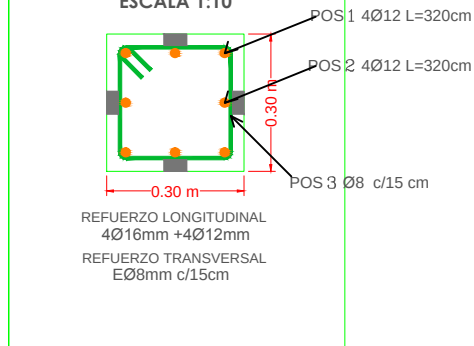
LAMINA:

20/31

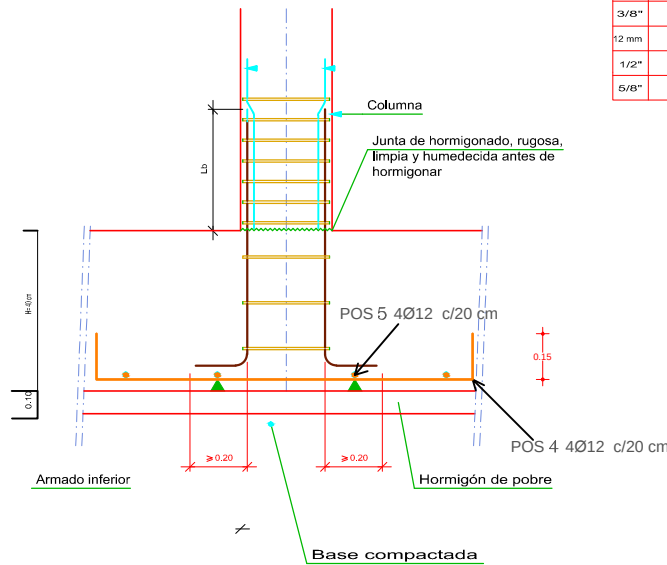
DISPOSICION DE ARMADURA INFERIOR
ZAPATA TIPO-1 NIVEL -4.5
ESCALA 1:25



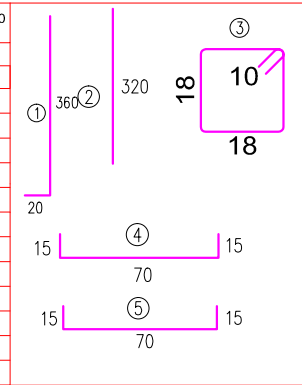
SECCIÓN TRANSVERSAL
COLUMNA T-1 (30x30) H=1m
ESCALA 1:10



METRADO DE ACEROS ZAPATAS Y COLUMNAS
(L=1m) NIVEL +/-4.50
ESCALA 1:10



Diametro	peso nominal (kg)	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
6 mm	0.222	1	12	4	380	1520	14.4
8 mm	0.395	2	12	4	320	1280	11.4
3/8"	0.56	3	8	24	46	1104	4.4
12 mm	0.888	4	12	4	100	400	3.5
1/2"	0.994	5	12	4	100	400	3.5
5/8"	1.552						
Total+10% cantidad de elementos (x8)							40.92
Total							327.4



nivel 1
Despiece de zapatas y columnas
Hormigón: f_c=210
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:25
Escala secciones 1:10
recubrimiento : 5 cm

DIÁMETROS

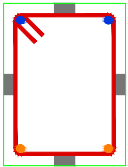
DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	
DIAMETRO Ø20 mm	
DIAMETRO Ø25 mm	

PROYECTO:	PLANOS	
"DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE"	ESPECIALISTA:	ESCALA: INDICADA
LUGAR:	Est. Jose Luis Ayma S.A.	FECHA: febrero 2024
- COMUNIDAD VILLA FATIMA	REVISIÓN:	LÁMINA: 21/31
	APROBACIÓN:	

SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (30x30)

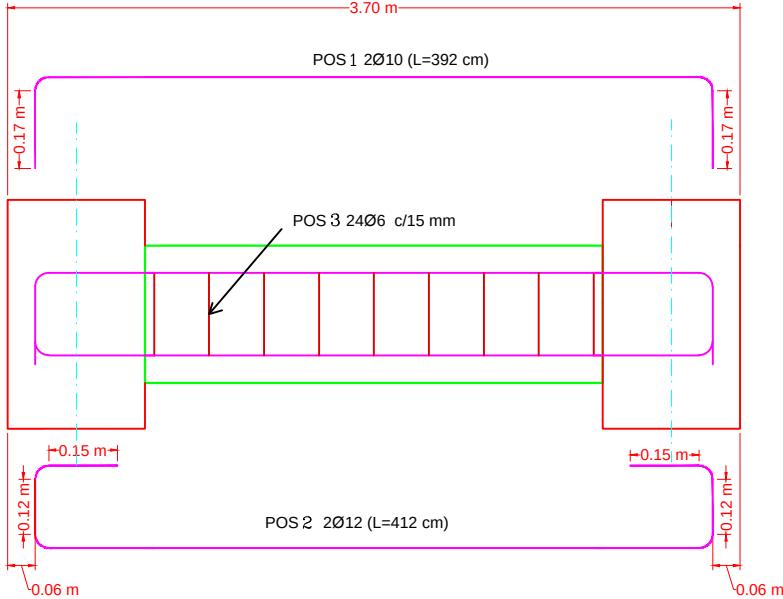
ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm



METRADO DE ACEROS VIGA DE ARRIOSTRE

TIPO 1 (L=3.70 m) NIVEL +/-0.30

ESCALA 1:10

Diametro	peso nominal (kg)
6 mm	0.222
8 mm	0.395
3/8"	0.56
12 mm	0.888
1/2"	0.994
5/8"	1.552

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
portico 1	1	10	2		392	784	4.4
	2	12	2		412	824	7.3
	3	6	24		82	1968	4.4
cantidad de elementos						Total-10%: (x4):	17.7
						Total	70.8

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: $f_c=210$
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento : 6 cm

REFERENCIAS

DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]
EØ10 c/20 cm	SEPARACION
N° BARRAS	DIAMETRO [mm]
2Ø20 (L=600 cm)	LONGITUD

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	
DIAMETRO Ø20 mm	
DIAMETRO Ø25 mm	

PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”

LUGAR:

- COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma
R.M.

REVISIÓN:

APROBACIÓN:

ESCALA:
INDICADA

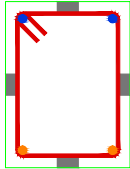
FECHA:
febrero 2024

LÁMINA:
22/31

SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (30x30)

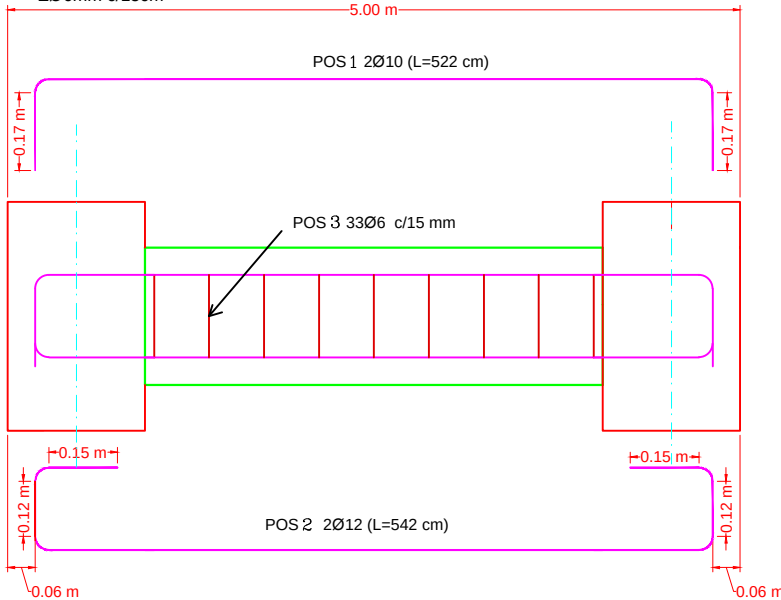
ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm



METRADO DE ACEROS VIGA DE ARRIOSTRE
TIPO 2 (L=5.00m) NIVEL +/-0.30
ESCALA 1:10

Diametro	peso nominal (kg)
6 mm	0.222
8 mm	0.395
3/8"	0.56
12 mm	0.888
1/2"	0.994
5/8"	1.552

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
portico 1	1	10	2		522	1044	5.8
	2	12	2		542	1084	9.6
	3	6	33		82	2706	6.0
cantidad de elementos						Total+10% (x2):	23.5
						Total	47.0

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: $f_c=210$
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento : 6 cm

REFERENCIAS

DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]
EØ10 c/20 cm	SEPARACION
N° BARRAS	DIAMETRO [mm]
2Ø20 (L=600 cm)	LONGITUD

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	
DIAMETRO Ø20 mm	
DIAMETRO Ø25 mm	

PROYECTO:

“DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE”

LUGAR:

- COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma
R.M.

REVISIÓN:

APROBACIÓN:

ESCALA:
INDICADA

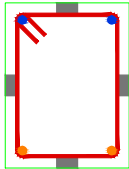
FECHA:
febrero 2024

LÁMINA:

23/31

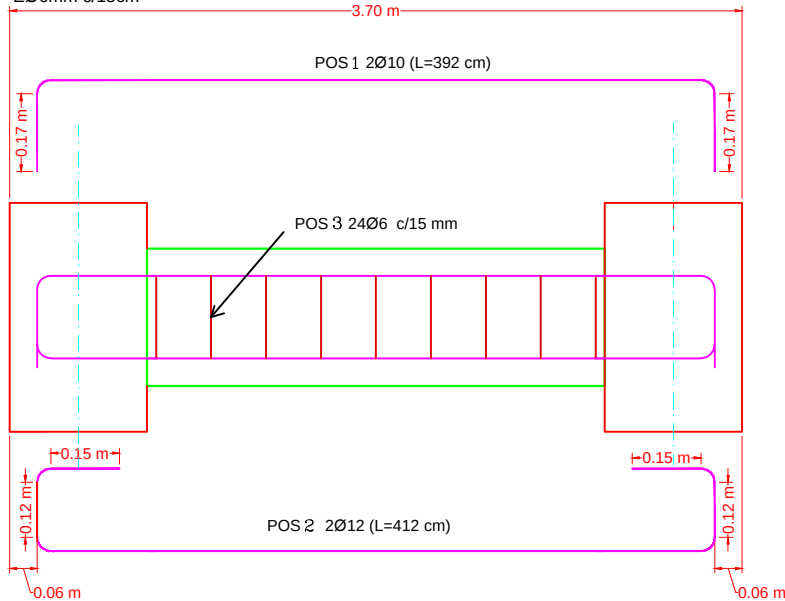
SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (30x30)
ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm



METRADO DE ACEROS VIGA DE ARRIOSTRE
TIPO 3 (L=3.70 m) NIVEL +/-0.30
ESCALA 1:10

Diámetro	peso nominal (kg/m)
6 mm	0.222
8 mm	0.395
3/8"	0.56
12 mm	0.888
1/2"	0.994
5/8"	1.552

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
portico 1	1	10	2		392	784	4.4
	2	12	2		412	824	7.3
	3	6	24		82	1968	4.4
cantidad de elementos						Total=10%: 17.7	
						Total	17.7

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: $f_c=210$
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento : 6 cm

REFERENCIAS

DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]
EØ10 c/20 cm	SEPARACION
N° BARRAS	DIAMETRO [mm]
2Ø20 (L=600 cm)	LONGITUD

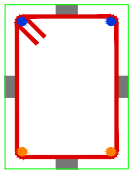
DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	
DIAMETRO Ø20 mm	
DIAMETRO Ø25 mm	

PROYECTO: "DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE" LUGAR: - COMUNIDAD VILLA FATIMA	PLANOS	
	ESPECIALISTA: Est. Jose Luis Ayma S.A.S.	ESCALA: INDICADA
	REVISIÓN:	FECHA: febrero 2024
	APROBACIÓN:	LÁMINA: 24/31

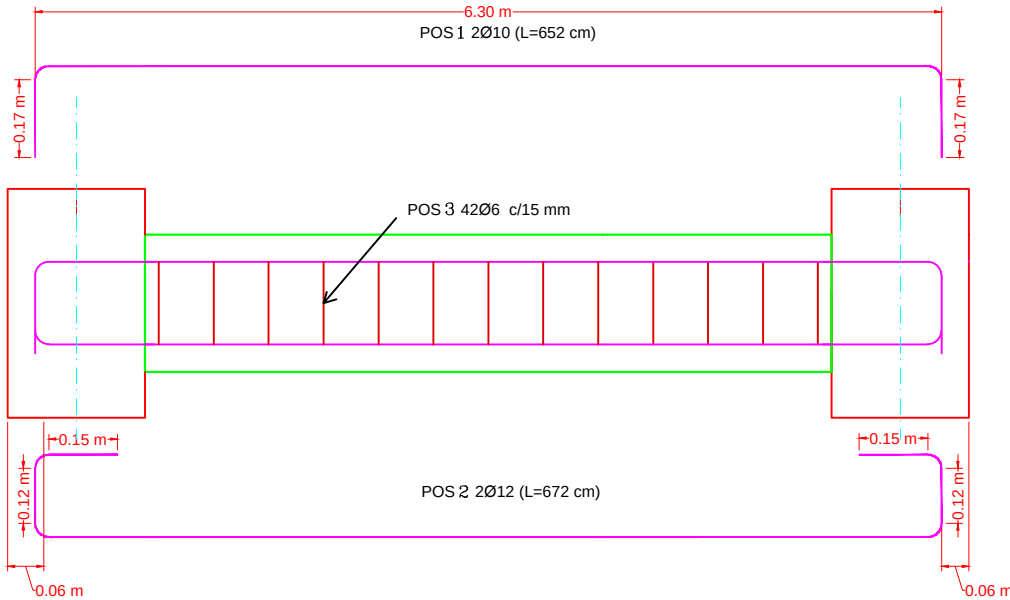
SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (30x30)
ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm



METRADO DE ACEROS VIGA DE ARRIOSTRE
TIPO 4 (L=6.30 m) NIVEL +/-3.50
ESCALA 1:10

Diámetro	peso nominal (kg/m)
6 mm	0.222
8 mm	0.395
3/8"	0.56
12 mm	0.888
1/2"	0.994
5/8"	1.552

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
portico 2	4	10	2		618	1304	7.3
	5	12	2		672	1344	12.0
	6	6	42		82	3444	7.65
cantidad de elementos						Total=10%: 29.65	
						Total	29.65

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: $f_c=210$
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento: 6 cm

REFERENCIAS

DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]
EØ10 c/20 cm	SEPARACION
N° BARRAS	DIAMETRO [mm]
2Ø20 (L=600 cm)	LONGITUD

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	
DIAMETRO Ø20 mm	
DIAMETRO Ø25 mm	

PROYECTO:

"DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE"

LUGAR:

- COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma
R.M.

REVISIÓN:

APROBACIÓN:

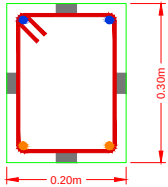
ESCALA:
INDICADA

FECHA:
febrero 2024

LÁMINA:
25/31

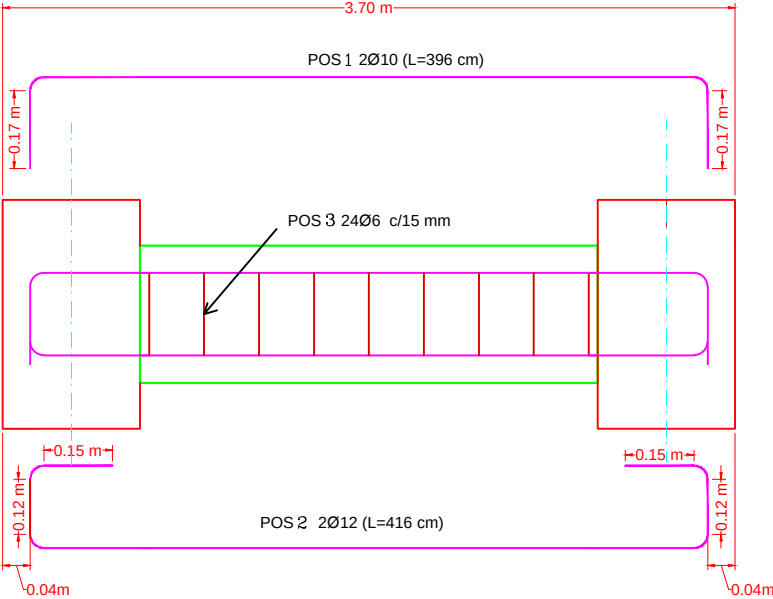
SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (20x30)
ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm



METRADO DE ACEROS VIGA DE ENCADENADO
TIPO 5 (L=3.70 m) NIVEL +/-0.30
ESCALA 1:10

Diámetro	peso nominal (kg/m)
6 mm	0.222
8 mm	0.395
3/8"	0.56
12 mm	0.888
1/2"	0.994
5/8"	1.552

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
portico 1	1	10	2		396	792	4.4
	2	12	2		416	832	7.4
	3	6	24		78	1872	4.15
cantidad de elementos						Total+10%: (x2):	17.5
						Total	35.0

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: $f_c=210$
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento : 4 cm

REFERENCIAS

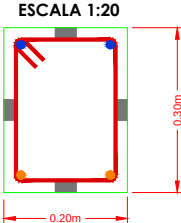
DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]
EØ10 c/20 cm	SEPARACION
N° BARRAS	DIAMETRO [mm]
2Ø20 (L=600 cm)	LONGITUD

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	
DIAMETRO Ø20 mm	
DIAMETRO Ø25 mm	

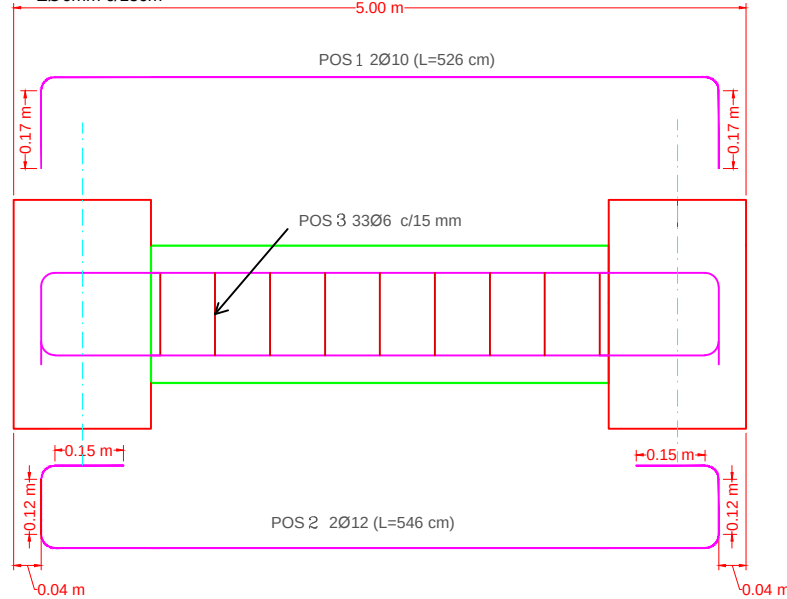
PROYECTO: "DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE" LUGAR: - COMUNIDAD VILLA FATIMA	PLANOS	
	ESPECIALISTA:	
	Est. Jose Luis Ayma S.A.S.	ESCALA: INDICADA
	REVISIÓN:	FECHA: febrero 2024
	APROBACIÓN:	LÁMINA: 26/31

SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (20x30)
ARMADURA MINIMA



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm



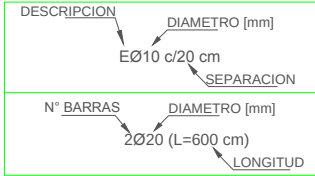
METRADO DE ACEROS VIGA DE ENCADENADO
TIPO 6 (L=5.00m) NIVEL +/-0.30
ESCALA 1:10

Diámetro	peso nominal (kg/m)
6 mm	0.222
8 mm	0.395
3/8"	0.56
12 mm	0.888
1/2"	0.994
5/8"	1.552

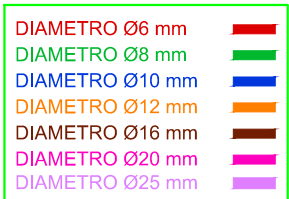
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
portico 1	1	10	2		526	1044	5.8
	2	12	2		546	1084	9.6
	3	6	33		78	2574	5.7
cantidad de elementos						Total+10%: (x2):	23.2
						Total	46.4

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: $f_c=210$
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento : 4 cm

REFERENCIAS



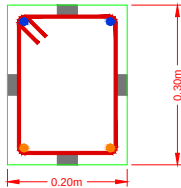
DIÁMETROS



PROYECTO:	PLANOS	
"DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE"	ESPECIALISTA:	
	REVISIÓN:	ESCALA: INDICADA
	FECHA:	febrero 2024
	APROBACIÓN:	LÁMINA: 27/31
LUGAR:		
- COMUNIDAD VILLA FATIMA		

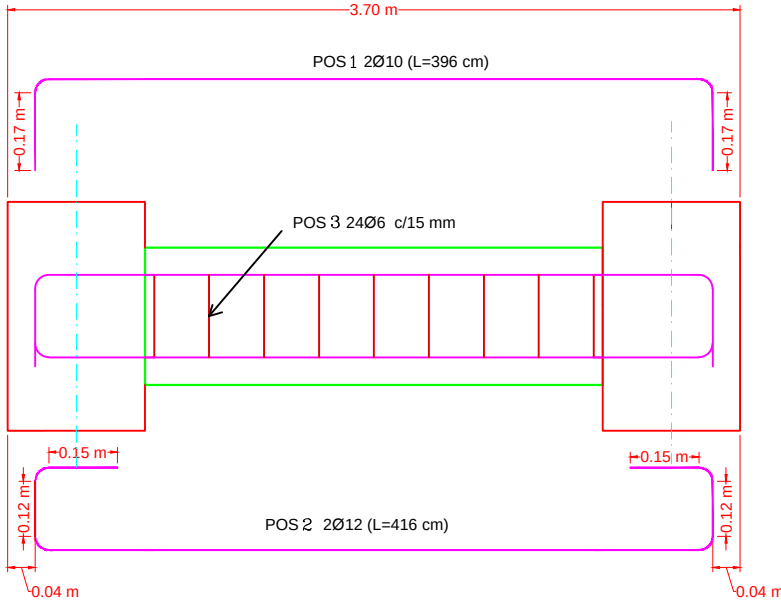
SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (20x30)
ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm



METRADO DE ACEROS VIGA DE ENCADENADO
TIPO 7 (L=3.70 m) NIVEL +/-0.30
ESCALA 1:10

Diámetro	peso nominal (kg)
6 mm	0.222
8 mm	0.395
3/8"	0.56
12 mm	0.888
1/2"	0.994
5/8"	1.552

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
portico 1	1	10	2		396	784	4.4
	2	12	2		416	824	7.3
	3	6	24		78	1872	4.15
cantidad de elementos						Total=10%:	17.4
						Total	17.4

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: $f_c=210$
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento : 4 cm

REFERENCIAS

DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]
EØ10 c/20 cm	SEPARACION
N° BARRAS	DIAMETRO [mm]
2Ø20 (L=600 cm)	LONGITUD

DIÁMETROS

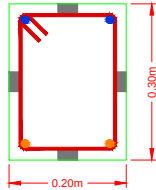
DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	
DIAMETRO Ø20 mm	
DIAMETRO Ø25 mm	

PROYECTO: "DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE" LUGAR: - COMUNIDAD VILLA FATIMA	PLANOS	ESCALA: INDICADA
	ESPECIALISTA: Est. Jose Luis Ayma S.A.S.	
	REVISIÓN:	FECHA: febrero 2024
	APROBACIÓN:	LÁMINA: 28/31

SECCIÓN TRANSVERSAL
VIGA ARRIOSTRE (20x30)

ARMADURA MINIMA

ESCALA 1:20



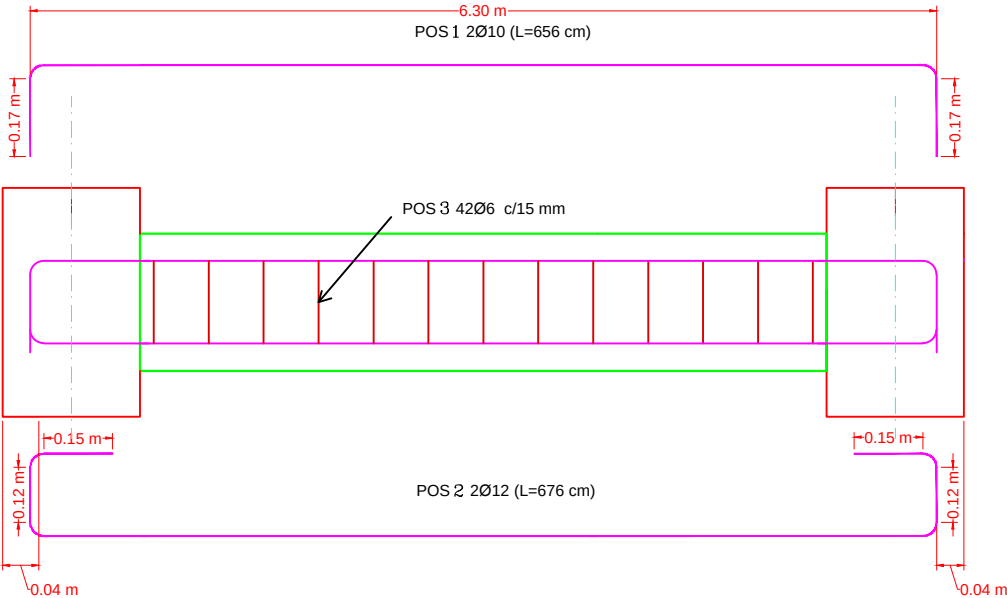
REFUERZO LONGITUDINAL
Superior 2Ø10mm
Inferior 2Ø12mm

REFUERZO TRANSVERSAL
EØ6mm c/15cm

METRADO DE ACEROS VIGA DE ENCADENADO

TIPO 8 (L=6.30 m) NIVEL +/-3.50

ESCALA 1:10



Diámetro	peso nominal (kg/m)
6 mm	0.222
8 mm	0.395
3/8"	0.56
12 mm	0.888
1/2"	0.994
5/8"	1.552

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
portico 2	4	10	2	822	666	1304	7.3
	5	12	2	822	676	1344	12.0
	6	6	42	822	78	3276	7.27
cantidad de elementos						Total=10%:	29.2
						Total	29.2

nivel 1
Despiece de vigas
Hormigón: f_c=210
Acero en barras: Grade 60
Acero en estribos: Grade 60
Escala pórticos 1:10
Escala secciones 1:20
recubrimiento: 4 cm

REFERENCIAS

DESCRIPCION	DIAMETRO [mm]
EØ10 c/20 cm	SEPARACION
N° BARRAS	DIAMETRO [mm]
2Ø20 (L=600 cm)	LONGITUD

DIÁMETROS

DIAMETRO Ø6 mm	
DIAMETRO Ø8 mm	
DIAMETRO Ø10 mm	
DIAMETRO Ø12 mm	
DIAMETRO Ø16 mm	
DIAMETRO Ø20 mm	
DIAMETRO Ø25 mm	

PROYECTO:

"DISEÑO DE GALERIA
FILTRANTE"

LUGAR:

- COMUNIDAD VILLA FATIMA

PLANOS

ESPECIALISTA:

Est. Jose Luis Ayma
R.M.

REVISIÓN:

APROBACIÓN:

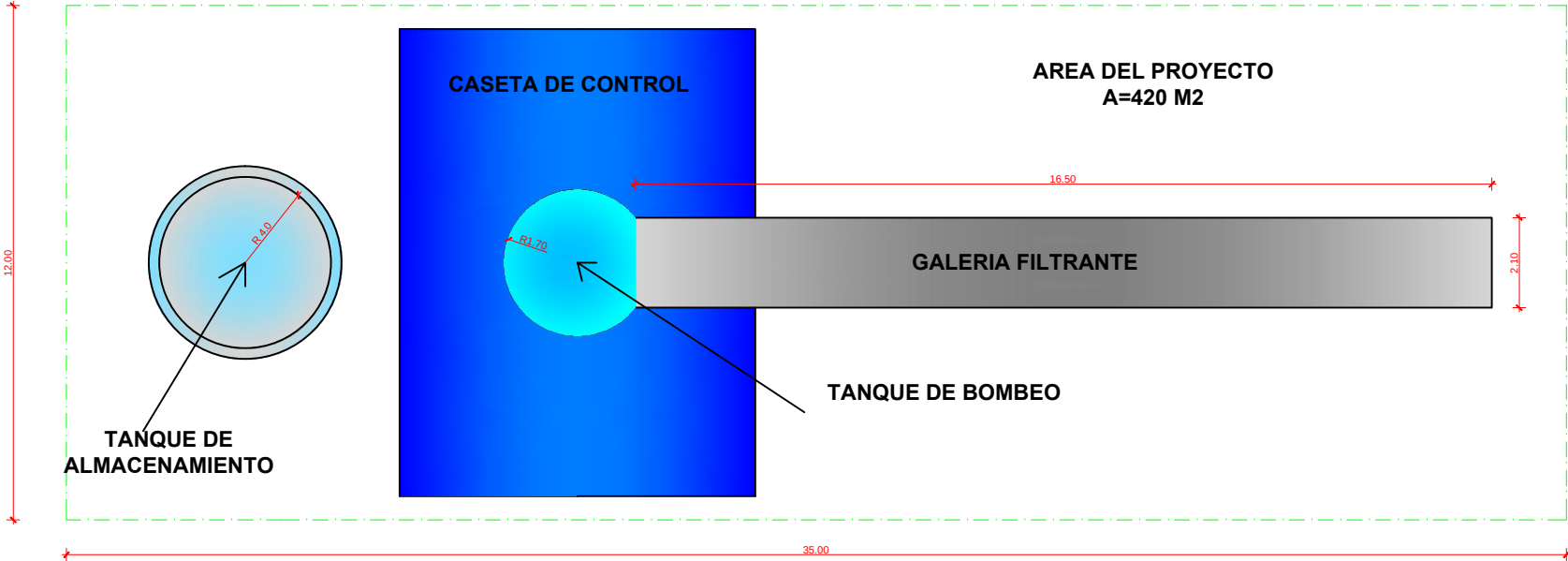
ESCALA:
INDICADA

FECHA:
febrero 2024

LÁMINA:

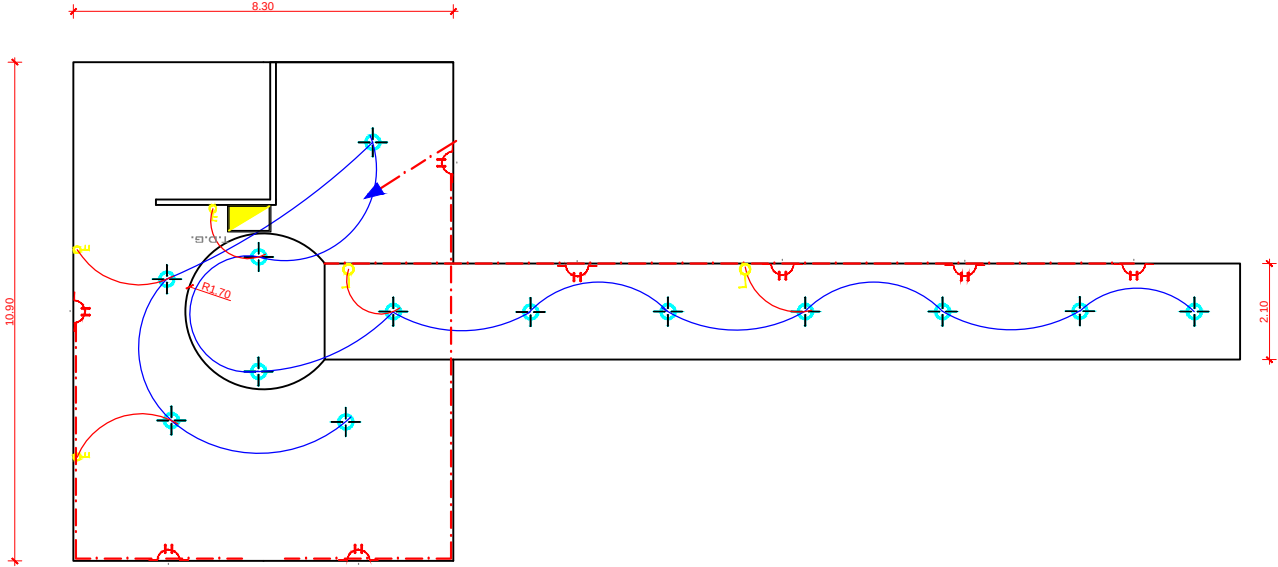
29/31

CROQUIS: AEA DEL PROYECTO
VISTA EN PLANTA NIVEL 0.00
ESCALA 1:100



PROYECTO: "DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE" LUGAR: - COMUNIDAD VILLA FATIMA	PLANOS	
	ESPECIALISTA: Est. Jose Luis Ayma R.M.	ESCALA: INDICADA
	REVISIÓN:	FECHA: febrero 2024
	APROBACIÓN:	LÁMINA: 30/31

CROQUIS: PLANO ELECTRICO
VISTA EN PLANTA NIVEL 0.00
ESCALA 1:100



REFERENCIAS	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	ILUMINACION LED
	ILUMINACION FLUORESCENTE 2X40 WATTS
	ILUMINACION FLUORESCENTE 1X40 WATTS
	TOMA DE TELEFONO
	TOMA CORRIENTE DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	T.D.S. TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL
	MEDIDOR
	CONMUTADOR
	CONEXION A CIRCUITO
	CABLE AWG #12

PROYECTO: "DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE" LUGAR: - COMUNIDAD VILLA FATIMA	PLANOS	
	ESPECIALISTA:	
	REVISIÓN:	ESCALA: INDICADA
	APROBACIÓN:	FECHA: febrero 2024 LÁMINA: 31/31

ANEXOS
‘D’
PRESUPUESTOS Y
ESPECIFICACIONES
TECNICAS

ANEXO D1: PLANILLA DE COMPUTOS METRICOS

PROYECTO: DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE

UBICACIÓN: COMUNIDAD VILLA FATIMA

CAPITULO 1: GALERIA FILTRANTE

Nº	ÍTEM/ACTIVIDAD	UNID.	VECES	Medidas en metros					Parcial	Total
				A Largo	B Ancho	C Altura	A X B	A X B X C		
							Área	Volumen		
1	INSTALACION DE FAENAS	m²								16,00
	FAENA		1,00	4,00	4,00	0,00	4,00		16,00	
2	LIMPIEZA DE TERRENO	m²								408,00
			1,00	34,00	12,00	0,00	408,00		408,00	
3	REPLANTEO	m²								57,62
	GALERIA		1,00	16,50	2,10	0,00	16,50		34,65	
	TANQUE DE BOMBEO		1,00	0,00	0,00	0,00	7,07		7,07	
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO		1,00	0,00	0,00	0,00	15,90		15,90	
4	EXCAVACION CON EXCAVADORA CAT-225	m³								403,00
	EJE A		2,00	11,25	1,40	5,00		78,75	157,50	
	EJE B		2,00	11,25	1,40	5,00		78,75	157,50	
	TANQUE DE BOMBEO Y CASCARA		1,00	4,00	4,00	5,50		88,00	88,00	
5	ENTIBADO POR DEBAJO DE LOS 2M	m²								149,60
	GALERIA		1,00	39,00		2,40	93,60		93,60	
	ESTRUCTURA TIPO CASCARA		1,00	16,00		2,00	32,00		32,00	
	TANQUE DE BOMBEO		1,00	16,00		1,50	24,00		24,00	
6	HORMIGON POBRE P/BASE DE ZAPATAS	m³								4,87
	EJE B		2,00	8,25	1,00	0,05		0,41	0,83	
	EJE C		2,00	8,25	1,00	0,05		0,41	0,83	
	BASE TANQUE		1,00	3,14	4,19	0,05	13,78	0,66	0,66	
	ZAPATAS CASETA DE CONTROL		8,00	0,80	0,80	0,50	0,64	0,32	2,56	
7	ZAPATAS DE Hº Aº DOSIF:1:2:3	m³								13,20
	EJE B ZAPATA COMBINADA		2,00	8,25	1,00	0,40		3,30	6,60	
	EJE C ZAPATA COMBINADA		2,00	8,25	1,00	0,40		3,30	6,60	
8	COLUMNAS DE HºAº	m3								2,88
	EJE B		16,00	0,30	0,30	1,00		0,09	1,44	
	EJE C		16,00	0,30	0,30	1,00		0,09	1,44	
9	VIGA DE ARRIOSTRE DE HºAº	m³								4,79
	EJE B		2,00	7,55	0,25	0,30		0,57	1,13	
	EJE C		2,00	7,55	0,25	0,30		0,57	1,13	
	EJE 1 AL 10		16,00	2,10	0,25	0,30		0,16	2,52	
10	MUROS DE HºAº	m³								24,22
	EJE B		2,00	8,25	0,30	2,30		5,69	11,39	
	EJE C		2,00	8,25	0,30	2,30		5,69	11,39	
	EJE 1		1,00	2,10	0,30	2,30		1,45	1,45	
11	BOVEDA DE HºAº	m³								10,89
	EJE B-C		2,00	8,25	2,20	0,30		5,45	10,89	
12	LOSA DE HºAº DOSIF:1:2:3	m³								1,32
	EJE B		2,00	8,25	0,80	0,10		0,66	1,32	

PLANILLA DE COMPUTOS METRICOS

PROYECTO: DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE

13	PROV. COLOCADO DE GRAVA P/ PERMEABILIDAD	m ³								22,44
	EJE B		2,00	8,25	0,20	2,30		3,80	7,59	
	EJE C		2,00	8,25	0,20	2,30		3,80	7,59	
	EJE B-C		2,00	8,25	2,20	0,20		3,63	7,26	
14	TANQUE DE BOMBEO HºAº	m ³								7,37
	MUROS DE HºAº		1,00			1,50	2,01	3,02	3,02	
	LOSA BASE TANQUE		1,00			0,30	13,85	4,16	4,16	
	ALEROS		2,00			0,10	0,45	0,05	0,09	
	LOSA		1,00			0,10	1,10	0,11	0,11	
15	ESTRUCTURA TIPO CASCARA DE HºAº	m ³								11,23
			1,00	7,08	0,20	5,00	1,42	7,08	7,08	
			1,00	2,10	2,10	0,30	13,85	4,15	4,15	
16	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HºAº h=4m	m ³								23,38
	LOSA BASE TANQUE		1,00			0,30	22,05	6,62	6,62	
	MUROS DE HºAº		1,00			4,00	3,34	13,36	13,36	
	LOSA SUPERIOR TANQUE		1,00			0,20	15,90	3,18	3,18	
	TAPA TANQUE		1,00	1,30	1,30	0,05	1,69	0,08	0,08	
	BORDE SUP TANQUE DE HORMIGON		1,00			0,10	1,38	0,14	0,14	
17	P/COLOCADO DE ESCALERA MARINERA P/TANQ	m ²								3,50
	ESCALERA INTERIOR Y EXTERIOR		2,00	0,50		3,50	1,75		3,50	
18	REPLANTEO	m ²								99,00
			1,00	11,00	9,00	0,00	99,00		99,00	
19	EXCAVACION CIMIENTOS	m ³								6,36
	ZAPATAS		8,00	0,80	0,80	0,70	0,64	0,45	3,58	
	EJE A VIGA DE ARRIOSTRE		2,00	3,20	0,30	0,30	0,96	0,29	0,58	
	EJE D VIGA DE ARRIOSTRE		2,00	3,20	0,30	0,30	0,96	0,29	0,58	
	EJE 1 VIGA DE ARRIOSTRE		2,00	4,50	0,30	0,30	1,35	0,41	0,81	
	EJE 3 VIGA DE ARRIOSTRE		1,00	5,80	0,30	0,30	1,74	0,52	0,52	
	EJE 3 VIGA DE ARRIOSTRE		1,00	3,20	0,30	0,30	0,96	0,29	0,29	
20	ZAPATAS DE Hº Aº	m ³								2,05
	EJE A,B,C,D ZAPATA CUADRADA		8,00	0,80	0,80	0,40	0,64	0,26	2,05	
21	VIGA DE ARRIOSTRE DE HºAº	m ³								2,77
	EJE A		2,00	3,20	0,30	0,30		0,29	0,58	
	EJE D		2,00	3,20	0,30	0,30		0,29	0,58	
	EJE 1		2,00	4,50	0,30	0,30		0,41	0,81	
	EJE 3		1,00	5,80	0,30	0,30		0,52	0,52	
	EJE 3		1,00	3,20	0,30	0,30		0,29	0,29	
22	COLUMNAS DE HºAº	m ³								2,45
	EJE A,B,C,D		8,00	0,30	0,30	3,40		0,306	2,448	
23	VIGA DE ENCADENADO DE HºAº	m ³								1,87
	EJE A		1,00	3,70	0,20	0,30		0,22	0,22	
	EJE D		2,00	3,70	0,20	0,30		0,22	0,44	
	EJE 1		2,00	5,00	0,20	0,30		0,30	0,60	
	EJE 3		1,00	6,30	0,20	0,30		0,38	0,38	
	EJE 3		1,00	3,70	0,20	0,30		0,22	0,22	

PLANILLA DE COMPUTOS METRICOS

PROYECTO: DISEÑO DE GALERIA FILTRANTE

24	MUROS DE LADRILLO 6 HUECOS E=12 cm	m2								112,38
	EJE A		1,00	0,00	3,70	2,80	10,36	0,00	10,36	
	EJE D		2,00	0,00	3,70	2,80	10,36	0,00	20,72	
	EJE 1		2,00	0,00	5,00	2,80	14,00	0,00	28,00	
	EJE 3		1,00	0,00	10,00	2,80	28,00	0,00	28,00	
	EJE 2		1,00	0,00	2,95	2,80	8,26	0,00	8,26	
	EJE A1		1,00	0,00	2,50	2,80	7,00	0,00	7,00	
	EJE 1SUP		1,00	0,00	10,90	1,00	10,90	0,00	10,90	
	EJE A SUP		1,00	0,00	4,30	1,00	4,30	0,00	4,30	
	EJE D SUP		1,00	0,00	8,00	1,00	8,00	0,00	8,00	
	VENTANAS		-2,00	0,00	4,70	1,40	6,58	0,00	-13,16	
25	CUBIERTA GALVANIZADA	m²								99,00
	CUBIERTA		1,00	11,00	9,00		99,00		99,00	
26	PISO DE H° E=10 cm	m3								4,00
			1,00	10,00	8,00	0,05	80,00	4,00	4,00	
27	COLOCADO DE PUERTA DE MADERA	m²								3,36
	PUERTA PRINCIPAL		1,00	1,20	0,00	2,80	3,36		3,36	
28	CARPINTERIA DE ALUMINIO INCLUYE VIDRIO 4mm	m²								15,56
	VENTANA EXTERIOR		2,00	4,70		1,40	6,58		13,16	
	VENTANA INTERIOR		1,00	2,00		1,20	2,40		2,40	
29	PINTURA INTERIOR Y EXTERIOR	m2								224,76
	INTERIOR		1,00	0,00	0,00	0,00	112,38	0,00	112,38	
	EXTERIOR		1,00	0,00	0,00	0,00	112,38	0,00	112,38	
30	PROV. Y COLOCADO DE ESCALERA METALICA	PZA								1,00
	ESCALERA		1,00						1,00	
31	INSTALACION ELECTRICA LUMINARIAS	PTO								13,00
	TUNEL GALERIA FILTRANTE								7,00	
	ESCALERA DE DESCENSO								2,00	
	CASETA DECONTROL								4,00	
32	INSTALACION ELECTRICA TOMACORRIENTES	PTO								8,00
	TOMA CORRIENTES								8,00	
33	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL	PTO								1,00
	TABLERO								1,00	
34	INSTALACION DE BOMBA DE AGUA 4HP	GBL								1,00
	INST. BOMBA Y ACCESORIOS									
35	LIMPIEZA DE EXCEDENTES	m²								408,00
	AREA		1,00				408,00	0,00	408,00	

ANEXO D2: PRESUPUESTO GENERAL

1. GALERIA FILTRANTE					
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Precio Total
1.1.	INSTALACION DE FAENAS	M2	16.00	260.72	4,171.55
1.2.	LIMPIEZA DE TERRENO	M2	408.00	3.98	1,622.62
1.3.	REPLANTEO	M2	57.60	15.52	893.84
1.4.	EXCAVACION CON EXCAVADORA CAT225	M3	403.00	36.50	14,707.89
1.5.	ENTIBADO POR DEBAJO DE LOS 2 M	M2	149.60	121.88	18,232.50
1.6.	HORMIGON POBRE P/BASE DE ZAPATAS	M3	4.87	716.04	3,487.13
1.7.	ZAPATAS DE H°A° DOSIF:1:2:3	M3	13.20	3,440.49	45,414.49
1.8.	COLUMNA DE H°A°	M3	2.88	4,658.88	13,417.58
1.9.	VIGA DE ARRIOSTRE H°A°	M3	4.79	3,508.64	16,806.40
1.10.	MUROS DE H°A°	M3	24.22	4,619.79	111,891.22
1.11.	BOVEDA DE H°A°	M3	10.89	4,565.33	49,716.41
1.12.	LOSAS H°A° DOSIF:1:2:3	M3	1.32	4,847.64	6,398.88
1.13.	PROV. COLOCADO DE GRAVA PARA PERMEABILIDAD	M3	22.44	404.74	9,082.34
1.14.	TANQUE DE BOMBEO H°A°	M3	7.37	4,681.93	34,505.82
1.15.	ESTRUCTURA TIPO CASCARA DE H°A°	M3	11.23	2,206.28	24,776.51
1.16.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO H°A°	M3	23.38	4,495.50	105,104.81
1.17.	PROV. Y COLOCADO DE ESCALERA MARINERA P/TANQUE DE ALM.	M2	3.50	1,338.64	4,685.24
	Subtotal 1. GALERIA FILTRANTE				464,915.23
2. CASETA DE CONTROL					
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Precio Total
2.1.	REPLANTEO	M2	99.00	15.52	1,536.28
2.2.	EXCAVACION CIMIENTOS	M3	6.36	128.60	817.92
2.3.	ZAPATAS DE H°A°	M3	2.05	2,995.97	6,141.73
2.4.	VIGA DE ARRIOSTRE H°A°	M3	2.77	3,599.93	9,971.80
2.5.	COLUMNA DE HORMIGON ARMADO	M3	3.78	4,404.87	16,650.40
2.6.	VIGA DE ENCADENADO DE HØAØ	M3	1.87	2,304.00	4,308.48
2.7.	MURO DE LADRILLO 6H E=12 CM	M2	112.38	153.23	17,219.88
2.8.	CUBIERTA CALAMINA ONDULADA GALV.N°28	M2	99.00	259.67	25,707.03
2.9.	PISO DE HORMIGON E=10 CM	M3	4.00	2,147.30	8,589.22
2.10.	COLOCADO DE PUERTA DE MADERA	M2	3.36	945.23	3,175.99
2.11.	CARPINTERIA DE ALUMINIO INCLUYE VIDRIO 4 MM	M2	15.56	620.20	9,650.27
2.12.	PINTURA INTER Y EXT	M2	224.76	41.48	9,323.04
2.13.	PROV. Y COLOCADO DE ESCALERA METALICA	PZA	2.00	30,590.64	61,181.28
2.14.	INSTALACION ELECTRICA DE LUMINARIAS	PTO	13.00	265.62	3,453.02
2.15.	INSTALACION ELECTRICA DE TOMACORRIENTES	PTO	8.00	229.98	1,839.80
2.16.	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL	PTO	1.00	544.45	544.45
2.17.	INSTALACION DE BOMBA DE AGUA 4HP	GLB	1.00	10,432.36	10,432.36
2.18.	LIMPIEZA DE EXCEDENTES	M2	408.00	2.65	1,082.02
	Subtotal 2. CASETA DE CONTROL				191,624.97
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				656,540.20
	Son: Seiscientos cincuenta y seis mil quinientos cuarenta 20/100 bolivianos				

ANEXO 'D3'

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ITEM 1.- INSTALACION DE FAENAS

UNIDAD. - M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

La instalación de faenas en un proyecto de construcción incluye el montaje y disposición de todos los elementos necesarios para el funcionamiento de la obra.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

El Contratista dispondrá y proveerá de todo el material propio de esta actividad necesario para la ejecución de los trabajos instalaciones de faenas, tales como: estacas, clavos, pinturas, madera, calamina, etc. y todo aquello que considere necesario para la buena ejecución del trabajo y los deberá mantener a disposición del Supervisor mientras dure la ejecución del proyecto.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Se deja en libertad del contratista la forma de ejecución, siempre y cuando cumpla con las normas de la construcción. Con anterioridad a la iniciación de la construcción de las obras auxiliares, el Contratista obtendrá la aprobación del Supervisor del área a utilizarse para estos fines en el terreno de la construcción, en puntos estratégicos con el fin de optimizar los rendimientos de la mano de obra, maquinarias y equipo de construcción.

Se deberá proceder a la instalación de campamentos y herramientas menores a utilizar en la construcción del camino dentro del tiempo previsto y hacer conocer al supervisor la fecha de inicio de las obras para el respectivo control, además el contratista deberá preverse de todo el personal y la maquinaria correspondiente para iniciar las obras, según la propuesta correspondiente.

4. MEDICIÓN Y PAGO

La medición de este ítem se efectuará en forma de M2. Este ítem se pagará en forma de M2 y de acuerdo al precio de la propuesta aceptada.

ITEM 2.- DEMOLICIONES Y LIMPIEZA DEL TERRENO

UNIDAD. - M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

La demolición se refiere a las antiguas construcciones existentes dentro del área de la propiedad y/o aquellas que perjudiquen a la creación de la nueva obra. También comprende el traslado de los escombros resultantes de estas demoliciones. Estos trabajos y disposiciones se realizarán tomando las precauciones necesarias para no causar daños a terceros. Las construcciones a ser demolidas deberán ser indicadas por el Consultor y no se podrán efectuar dichos trabajos sin su debida autorización.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Se ejecutará la demolición de tal manera que se recuperen la mayor parte de materiales utilizables nuevamente, los mismos que pasarán a poder del Propietario, para los fines que le convengan. Cuando se tengan que suspender instalaciones de suministro público u otras (cables, tuberías, etc.), se deberán satisfacer las indicaciones de autoridades competentes.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

La limpieza del terreno comprenderá el desmonte, des hierbe y la remoción de restos, de manera de dejar el área libre de raíces y troncos. También comprenderá la eliminación de todos los materiales provenientes de esta operación. Para el traslado de escombros, son válidas las prescripciones descritas en el transporte de material de excavación y los escombros podrán ser descargados únicamente: donde no obstaculicen los trabajos de construcción y donde la descarga no interfiera los intereses públicos.

4. MEDICIÓN Y PAGO

La medición de este ítem se efectuará en forma de M2. Este ítem se pagará en forma de M2 y de acuerdo al precio de la propuesta aceptada.

ITEM 3.- REPLANTEO

UNIDAD. - M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Comprende todos los trabajos de replanteo y trazado, necesarios para localizar la obra de acuerdo a los planos.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la realización de este ítem, deberán ser provistos por el CONTRATISTA y empleados en obra, previa autorización del SUPERVISOR.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

El CONTRATISTA debe proceder al replanteo del eje de la zanja con alineaciones rectas, destacando la ubicación de accesorios con testigos debidamente marcados con pintura indeleble y sus signos representativos, corriendo por cuenta del CONTRATISTA la reposición de cualquier estaca.

- Toda referencia debe quedar fuera del futuro movimiento de tierras.
- Los anchos de zanja y profundidades a ser realizados, deben ser consultados y autorizados por el SUPERVISOR, respetando los señalados en los planos y los criterios empleados en la elaboración del Proyecto.
- Para realizar este trabajo, se debe emplear huinchas, jalones, estacas, pinturas, etc.
- El replanteo debe contar con BM's, los mismos que deben estar bien referenciados y ser de fácil ubicación.
- La información del trabajo de replanteo debe ser anotada en planillas.

4. MEDICIÓN Y PAGO

El pago se efectuará de acuerdo al avance de obra y hasta cubrir la suma global prevista por el proponente en el formulario de presentación de propuestas, una vez que la obra se encuentre totalmente localizada.

ITEM 4.- EXCAVACION CON EXCAVADORA CAT-225

UNIDAD. – M3

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem comprende todos los trabajos de excavación, zanjas para la instalación de tuberías, construcción de cámaras de inspección, fundaciones de zapatas y otros, a ser ejecutados en la clase de terreno que se encuentre, hasta la profundidad necesaria y en las medidas indicadas en planos. Asimismo, los respectivos ensayos de suelos en laboratorio.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

El material a excavar será el existente en la zona de trabajo. La excavación será con excavadora CAT-225, forma manual que requerirá el empleo de herramientas menores (palas, picos, carretillas) y la acción de la mano de obra de acuerdo a lo requerido y aprobado por el supervisor de obra.

3. PROCEDIMIENTOS 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.

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.

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.

4. MEDICIÓN Y PAGO

La medición de este ítem se efectuará por metro cúbico M3 de acuerdo a las secciones indicadas en planos, en las longitudes realmente ejecutadas y aprobadas por el Supervisor de Obra. 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.

ITEM 5.- ENTIBADO POR DEBAJO DE LOS 2M

UNIDAD. – M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Comprende todos los requisitos para materiales, suministro y fabricación, métodos de instalación y mantenimiento, y establece las normas para medida y pago de los tipos de entibados, que serán utilizados como soporte de las excavaciones de zanjas, pozos de acceso y cualesquiera otras estructuras, que hacen parte de la obra.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

El Contratista deberá garantizar que los materiales para el entibado sean de la mejor calidad, libres de defectos y totalmente apropiados para el uso pedido; deben ser del más moderno diseño y haber demostrado un rendimiento satisfactorio en condiciones similares de servicio a aquellas en que van a ser usados.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Entibado tipo 3 - Entibado Metálico - se utilizará cuando se presenten suelos blandos o sueltos, de muy baja resistencia y, en general, a juicio del CONTRATANTE cuando las excavaciones presenten alturas mayores de cinco metros. La superficie lateral de la zanja será sostenida totalmente por tableros constituidos de elementos de madera de 0.10 m x 0.20 m x 3.00 m debidamente acuñaados en perfiles metálicos W 8"x17 o W 10"x25 (puntales), según se muestra en los planos, hincados a una profundidad mínima de 2.50 m. por debajo del fondo de la zanja o según lo indique el CONTRATANTE y trabados horizontalmente por dos (2) largueros metálicos en perfiles 2 W 8"x17 o 2 W10"x25 que estarán apuntalados por dos codales metálicos W 8"x17 o W 10"x25 espaciados cada 3.50 m. como máximo. La instalación de los tableros de madera deberá ser simultánea con el avance de la excavación de tal forma que no se presenten espacios libres mayores de 1.00 m o lo que indique el CONTRATANTE.

4. MEDICIÓN Y PAGO

La medida para el pago por el suministro e instalación del entibado convencional Tipo 1A, 2 y 3 o los alternativos, será el área en (M2) metros cuadrados de superficie debidamente soportada por ambas caras con cada uno de los tipos de entibados. Todo el costo de los trabajos especificados en este Capítulo deberá estar cubierto por los precios unitarios cotizados por el Contratista.

ITEM 6.- HORMIGON POBRE P/BASE DE ZAPATAS

UNIDAD. – M3

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem se refiere al vaciado de una capa de hormigón pobre con dosificación 1: 3: 5, que servirá de cama o asiento para la construcción de diferentes estructuras o para otros fines, de acuerdo a la altura y sectores singularizados en los planos de detalle, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

El cemento y los áridos deberán cumplir con los requisitos de calidad exigidos para los hormigones. El hormigón pobre se preparará con un contenido mínimo de cemento de 170 kilogramos por metro cúbico de hormigón.

El agua deberá ser razonablemente limpia, y libre de aceites, sales, ácidos o cualquier otra sustancia perjudicial. No se permitirá el empleo de aguas estancadas provenientes de pequeñas lagunas o aquéllas que provengan de pantanos o desagües.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Una vez limpia el área respectiva, se efectuará el vaciado del hormigón pobre en el espesor o altura señalada en los planos.

El hormigón se deberá compactar con barretas o varillas de fierro.

Efectuada la compactación se procederá a realizar el enrasado y nivelado mediante una regla de madera, dejando una superficie lisa y uniforme.

4. MEDICIÓN Y PAGO

La base de hormigón pobre se medirá en metros cúbicos, teniendo en cuenta únicamente los volúmenes netos ejecutados.

ITEMS 7,8,9,10,11,12,14,15**HORMIGONES****UNIDAD. – M3****1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM**

En el presente apartado, se contemplarán los siguientes ítems:

- ZAPATAS DE H° A° DOSIF:1:2:3
- COLUMNAS DE H°A°
- VIGA DE ARRIOSTRE DE H°A°
- MUROS DE H°A°
- BOVEDA DE H°A°
- LOSA DE H°A° DOSIF: 1:2:3
- TANQUE DE BOMBEO H°A°
- ESTRUCTURA TIPO CASCARA DE H°A°

1.1 El contratista deberá revisar las dimensiones de los planos estructurales y las planillas de armaduras antes de proceder a la ejecución de las obras.

1.2 Ningún elemento estructural podrá vaciarse sin la autorización previa del Consultor o del Representante del Propietario.

1.3 Antes de proceder al vaciado de las fundaciones, el Contratista deberá realizar ensayos de suelos tendientes a ratificar o modificar las dimensiones y soluciones indicadas en el proyecto. Dichos ensayos corren por cuenta del Contratista.

1.4 Antes del vaciado de cualquier elemento estructural, el Contratista deberá prever las exigencias de las distintas instalaciones.

1.5 La ejecución de los diferentes elementos estructurales, se realizará de acuerdo a las normas establecidas en el presente pliego, quedando claramente establecida la responsabilidad exclusiva del Contratista en lo relativo a la resistencia del hormigón.

1.6 En el precio del hormigón, salvo indicación contraria en el Formulario de Presentación de Propuestas, se deberá incluir: suministro de materiales, abastecimiento de agua y corriente eléctrica, equipos, herramientas y maquinarias, encofrados, ejecución de huecos, ranuras y

aberturas señaladas en los planos y/o necesarias para las instalaciones, mano de obra y todos los gastos emergentes de la ejecución, de acuerdo a las presentes especificaciones.

1.7 En el precio del acero de refuerzo, salvo indicación contraria en el Formulario de Presentación de Propuestas, se deberá incluir: suministro, transporte, doblado y colocado de armaduras, alambre de amarre, espaciadores, caballetes y longitudes adicionales por recortes y empalmes.

1.8 En caso de que el acero sea proporcionado por el Propietario, los recortes serán de su propiedad, debiendo el Contratista almacenarlos hasta su entrega. En este caso en el precio de colocación se debe incluir: el transporte desde el depósito del Propietario, el doblado, la colocación, el alambre de amarre, espaciadores y caballetes, considerando para el pago las longitudes incluyendo los empalmes, pero no los recortes.

Todas las estructuras de hormigón armado, deberán ser ejecutadas de acuerdo con las dosificaciones y resistencias establecidas en los planos, formulario de presentación de propuestas y en estricta sujeción con las exigencias y requisitos establecidos en la Norma del Hormigón Armado ACI-318

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

CEMENTO

El cemento utilizado será Cemento Pórtland de tipo normal de calidad y condición aprobadas, cuyas características satisfagan las especificaciones para cemento Pórtland tipo "IP" y cuya procedencia no haya sido observada por la Institución.

AGREGADOS

a) Generalidades

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales, que permitan garantizar la resistencia adecuada y la durabilidad del hormigón.

b) Tamaño máximo de los agregados

Para lograr la mayor compacidad del hormigón y el recubrimiento completo de las armaduras, el tamaño máximo de los agregados no deberá exceder de la menor de las siguientes medidas:

- 1/5 de la mínima dimensión del elemento estructural que se vacíe.

- 1/3 del espesor de las losas (para el caso del vaciado de losas).
- 3/4 de la mínima separación entre barras.

Los agregados se dividirán en dos grupos:

- Arena de 0.02 mm a 7 mm
- Grava de 7.00 mm a 30 mm

ARENA

Los agregados finos para el hormigón se compondrán de arenas naturales y deberán estar compuestas por partículas duras, resistentes y durables, exentas de sustancias perjudiciales tales como escorias, arcillas, material orgánico u otros.

Tampoco contendrán porcentajes mayores a:

SUSTANCIAS NOCIVAS	% EN PESO
Terrones de Arcilla	1
Carbón y Lignito	1
Material que pasa al tamiz No. 200	5
Otras sustancias nocivas, mica, álcalis pizarra,	
Partículas blandas	1

La arena sometida al ensayo de durabilidad en una solución de sulfato de sodio según el método AASHTO T 104, después de 5 ciclos de ensayo, no debe sufrir una pérdida de peso superior al 10 %.

GRAVA 0 BRITA

La grava será igualmente limpia, libre de todo material pétreo descompuesto, sulfuros, yeso o compuestos ferrosos, que provengan de rocas blandas, friables o porosas. Los límites permisibles de las sustancias que podrá presentar la grava se dan en la siguiente tabla:

SUSTANCIAS NOCIVAS	% EN PESO
Particulas blandas	5
Terrones de Arcilla	0.25
Material que pasa al tamiz No.200	1

La grava de origen machacado, no deberá contener polvo proveniente del machaqueo.

La grava proveniente de ríos no deberá estar mezclada con arcilla.

La granulometría de los agregados debe ser uniforme y entre los siguientes límites:

ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	% QUE PASA
31.5	100
16	62 – 80
8	38 – 62
4	23 – 47
2	14 – 37
1	8 – 28
0,2	1 – 8

AGUA

Debe ser potable, limpia, clara y no contener más de 5 gr./lt de materiales en suspensión ni más de 15 gr./lt de materiales solubles perjudiciales al hormigón.

No deberán emplearse aguas de alta montaña ya que por su gran pureza son agresivas al hormigón, tampoco aguas con $PH < 5$, ni las que contengan aceites, grasas o hidratos de carbono.

Tampoco se utilizarán aguas contaminadas con descargas de alcantarillado sanitario.

La temperatura será superior a 5°C.

ACERO

Generalidades

Las barras no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

La sección equivalente no será inferior al 95% de la sección nominal, en diámetros no mayores de 25 mm; ni al 96% en diámetros superiores.

Se considerará como límite elástico del acero, el valor de la tensión que produce una deformación remanente del 0.2%.

a) Barras corrugadas

Las barras corrugadas son las que presentan, en el ensayo de adherencia por flexión una tensión media de adherencia y una tensión de rotura de adherencia que cumplen, simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- diámetros inferiores a 8 mm:

Tensión media de adherencia ≥ 7 MPa

Tensión de rotura de adherencia ≥ 11.5 MPa

- diámetros de 8 a 32 mm, ambos inclusive:

Tensión media de adherencia $\geq 8 - 0.12 \sqrt{f_c}$ MPa

No presentarán grietas después de los ensayos de doblado simple a 180° y de doblado - desdoblado a 90°.

- Llevarán grabadas las marcas de identificación relativas a su tipo y fábrica de procedencia.

MADERA

La madera a utilizarse será de buena calidad, completamente seca, sin rajaduras, ojos o picaduras que pudieran afectar su resistencia, previamente aprobada por el Supervisor de Obra.

ADITIVOS

El uso de aditivos, tanto en lo referente a la marca, como a la dosificación, queda a criterio del Contratista. En caso de emplearse aditivos, el Contratista deberá demostrar mediante ensayos de laboratorio que el aditivo no influye negativamente en las propiedades mecánicas del hormigón.

El Contratista solo podrá utilizar aditivos en el caso de que sean requeridos en los planos o que sean expresamente aprobados por el Supervisor. El trabajo, deberá ser encomendado a personal calificado.

Los plazos mínimos de desencofrados serán los siguientes:

Encofrados laterales de vigas y muros	3 días
Encofrados de columnas	5 días
Encofrados de losas	14 días
Fondos de vigas dejando puntales	14 días

Retiro de puntales de seguridad 21 días

RESISTENCIA MECÁNICA DEL HORMIGÓN

La calidad del hormigón estará definida por el valor de su resistencia característica a la compresión a la edad de 28 días.

Los ensayos necesarios para determinar las resistencias de rotura, se realizarán sobre probetas cilíndricas normales de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, en un laboratorio de reconocida capacidad.

El Contratista deberá tener en el lugar de la fabricación diez cilindros de las dimensiones especificadas.

ENSAYOS DE RESISTENCIA

El juzgamiento de la calidad y uniformidad de cada clase de hormigón se realizará analizando estadísticamente los resultados de por lo menos 32 probetas (16 ensayos) preparadas y curadas en condiciones normalizadas y ensayadas a los 28 días.

Cada vez que se extraiga hormigón para pruebas, se debe preparar como mínimo dos probetas de la misma muestra y el promedio de sus resistencias se considerará como resultado de un ensayo siempre que la diferencia entre los resultados no exceda el 15 %, caso contrario se descartarán y el contratista debe verificar el procedimiento de preparación, curado y ensayo de las probetas.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Preparación, colocación, compactación y curado.

Dosificación de materiales

Para la fabricación del hormigón, se recomienda que la dosificación de los materiales se efectúe en peso.

Para los áridos se aceptará una dosificación en volumen, es decir transformándose los pesos en volumen aparente de materiales sueltos.

Se empleará cemento embolsado, la dosificación se hará por número de bolsas de cemento quedando prohibido el uso de fracciones de bolsa.

La medición de los áridos en volumen se realizará en recipientes aprobados por el Supervisor de Obra.

Mezclado

El hormigón deberá ser mezclado mecánicamente, para lo cual:

- Se utilizarán una o más hormigoneras de capacidad adecuada y se empleará personal capacitado para su manejo.
- Periódicamente se verificará la uniformidad del mezclado.

El tiempo de mezclado, contando a partir del momento en que todos los materiales hayan ingresado, no será inferior a 1 ½ minutos (noventa segundos), 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.

Características del hormigón

El hormigón será diseñado para obtener las resistencias características de 21 MPa a compresión a los 28 días como indica las normas.

TIPO DEL Hº	TAM. MAX. AGREGADO	RES. Kg/cm2 (28 días)	PESO APROX. CEM. Kg/m3
H "400"	1"	400	470
H "350"	1"	350	450
Tipo "A" 210	1" – 1 1/2"	210	350
Tipo "B" 180	1" – 1 1/2"	180	300
Tipo "C" 160	1" – 1 1/2"	160	250
Tipo "D" 130	2"	130	230
Tipo "E"	2" – 2 1/2"	110	225

Los ensayos necesarios para determinar las resistencias de rotura se realizarán sobre probetas cilíndricas normales de 15cm de diámetro y 30cm de altura, en un laboratorio de reconocida capacidad. Durante la ejecución de la obra se realizarán ensayos de control, para verificar la calidad y uniformidad del hormigón.

Mediante el Cono de Abraham se establecerá la consistencia de los hormigones, recomendándose el empleo de hormigones de consistencia plástica cuyo asentamiento deberá estar comprendido entre 3 a 5 cm.

Transporte

métodos y equipo que permita mantener la homogeneidad del hormigón y evitar la pérdida de sus componentes o la introducción de materias 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 ajenas.

Colocación

Antes del vaciado del hormigón en cualquier sección, el contratista deberá requerir la correspondiente autorización escrita del Supervisor de Obra.

El espesor máximo de la capa de hormigón no deberá exceder de 50 cm.

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 hormigón desde alturas mayores a 1.50 metros.

Durante la colocación y compactación del hormigón se deberá evitar el desplazamiento de las armaduras.

Las zapatas deberán hormigonarse en una operación continua.

Vibrado

Las vibradoras serán del tipo de inmersión de alta frecuencia y deberán ser manejadas por obreros capacitados. 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 de efectos perjudiciales. El tiempo de curado será de 7 días mínimos 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 de las estructuras las veces necesarias que se vea opaca la superficie.

Ensayos de resistencia

Al iniciar la obra y durante los primeros días se tomarán cuatro probetas diarias, dos para ser ensayadas a los 7 días y dos a los 28 días. Los ensayos a los 7 días permitirán corregir la dosificación en caso necesario.

Durante el transcurso de la obra se tomarán por lo menos tres probetas en cada vaciado y cada vez que así lo exija el Supervisor de Obra, pero en ningún caso el número de probetas deberá ser menor a tres por cada 25 m³ de concreto.

Queda establecido que es obligación del Contratista realizar ajustes y correcciones en la dosificación, hasta obtener los resultados que correspondan. En caso de incumplimiento el Supervisor de Obra dispondrá la paralización inmediata de los trabajos.

Encofrados y cimbras

Podrán ser de metal, madera o de cualquier material suficientemente rígido. Deberán tener la resistencia y estabilidad necesaria, para lo cual serán convenientemente arriostrados.

Previamente a la colocación del hormigón se procederá a la limpieza y humedecimiento de los encofrados.

Si se desea pasar con aceite en las caras interiores de los encofrados deberá realizarse previa a la colocación de las armaduras 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.

Juntas de dilatación

Se evitará la interrupción del vaciado de un elemento estructural.

Las juntas se situarán en dirección normal a los planos de tensiones de compresión o allá donde su efecto sea menos perjudicial.

Si una viga transversal intercepta en este punto, se deberá recorrer la junta en una distancia igual a dos veces el ancho de la viga.

No se ejecutarán las juntas sin previa aprobación del Supervisor de Obra.

Antes de iniciarse el vaciado de un elemento estructural, debe definirse el volumen correspondiente a cada fase del hormigonado, con el fin de preverse de forma racional la posición de las juntas.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Las cantidades de hormigón armado que componen los cimientos serán medidas en m³. En esta medición se incluirán únicamente aquellos trabajos que sean aceptados por el Supervisor de Obra y que tengan las dimensiones e indicados en los planos o reformadas con autorización escrita del Supervisor de Obra.

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.

ITEM 13.- PROV. COLOCADO DE GRAVA P/ PERMEABILIDAD

UNIDAD. – M3

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem comprende todos los trabajos de relleno y compactado con material granular detrás de, muros de contención y otros, según se especifique en los planos, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

El material deberá ser material granular. Grava triturada 1/2"

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Una vez concluidos los trabajos y solo después de transcurridas 48 horas del vaciado se comunicará al Supervisor de Obra, a objeto de que autorice en forma escrita el relleno correspondiente.

El material de relleno deberá colocarse en capas no mayores a 20 cm., con un contenido óptimo de humedad, procediéndose al compactado manual o mecánico, según se especifique.

4. MEDICIÓN Y PAGO

El relleno y compactado será medido en metros cúbicos (M3) compactados en su posición final de secciones autorizadas y reconocidas por el Supervisor de Obra.

En la medición se deberá descontar los volúmenes de las estructuras y otros.

La medición se efectuará sobre la geometría del espacio relleno.

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.

ITEM 16.- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE H°A° h=4m

UNIDAD. – M3

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem comprende la fabricación, transporte, colocación, vibrado, protección y curado del hormigón en los moldes o encofrados.

Todos los trabajos señalados deberán ser ejecutados de acuerdo a las dosificaciones y resistencias establecidas en los planos, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del supervisor y en estricta sujeción con las exigencias y requisitos establecidos en la Normas de Hormigón Armado ACI – 318-14

2. 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.

Cemento

Este material debe cumplir con los requerimientos dados en “Las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales de Construcción de Obra Gruesa”.

Arena

Este material debe cumplir con los requerimientos dados en “Las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales de Construcción de Obra Gruesa”.

Grava

Este material debe cumplir con los requerimientos dados en “Las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales de Construcción de Obra Gruesa”.

Agua

Este material debe cumplir con los requerimientos dados en “Las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales de Construcción de Obra Gruesa”.

Acero estructural

Este material debe cumplir con los requerimientos especificados en el ítem "Materiales de Construcción".

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Preparación, colocación, compactación y curado

Dosificación de materiales

Para la fabricación del hormigón, se recomienda que la dosificación de los materiales se efectúe en peso.

Para los áridos se aceptará una dosificación en volumen, es decir transformándose los pesos en volumen aparente de materiales sueltos.

Se empleará cemento embolsado, la dosificación se hará por número de bolsas de cemento quedando prohibido el uso de fracciones de bolsa.

La medición de los áridos en volumen se realizará en recipientes aprobados por el Supervisor de Obra.

Mezclado

El hormigón deberá ser mezclado mecánicamente, para lo cual:

- Se utilizarán una o más hormigoneras de capacidad adecuada y se empleará personal capacitado para su manejo.
- Periódicamente se verificará la uniformidad del mezclado.

El tiempo de mezclado, contando a partir del momento en que todos los materiales hayan ingresado, no será inferior a 1 ½ minutos (noventa segundos), 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.

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 permita mantener la homogeneidad del hormigón y evitar la pérdida de sus componentes o la introducción de materias ajenas.

Colocación

Antes del vaciado del hormigón en cualquier sección, el contratista deberá requerir la correspondiente autorización escrita del Supervisor de Obra.

El espesor máximo de la capa de hormigón no deberá exceder de 50 cm.

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 hormigón desde alturas mayores a 1.50 metros.

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 capacitados. 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 de efectos perjudiciales. El tiempo de curado será de 7 días mínimos 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 de las estructuras las veces necesarias que se vea opaca la superficie.

Encofrados y cimbras

Podrán ser de metal, madera o de cualquier material suficientemente rígido. Deberán tener la resistencia y estabilidad necesaria, para lo cual serán convenientemente arriostrados.

Previamente a la colocación del hormigón se procederá a la limpieza y humedecimiento de los encofrados.

Si se desea pasar con aceite en las caras interiores de los encofrados deberá realizarse previa a la colocación de las armaduras 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.

Los plazos mínimos para el desencofrado serán los siguientes:

Encofrados laterales de vigas 2 a 3 días

Encofrados de columnas y muros 3 a 7 días

Reparación del hormigón

No se permitirán defectos superficiales, tales como cavidades y cangrejas, otros, que son signo de una mala compactación y colocado del hormigón.

Las rebabas y protuberancias serán totalmente eliminadas y las superficies desgastadas hasta condicionarlas con las zonas vecinas.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Las cantidades de hormigón armado que componen la estructura completa y terminada de la viga serán medidas en m³.

En esta medición se incluirán únicamente aquellos trabajos que sean aceptados por el Supervisor de Obra y que tengan las dimensiones según los planos o reformadas con autorización escrita del Supervisor de Obra.

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.

ITEM 17.- P/COLOCADO DE ESCALERA MARINERA P/TANQ

UNIDAD. – M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Comprende la realizar de escalera marinera, en el área de bandejas eléctricas, estos están detallados en los planos y/o instrucción del supervisor de obra. Los elementos serán desarrollados para que la escalera sea anclada con seguridad. Los soportes de separación estabilizaran lateralmente la escalera a la estructura de soporte.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- pilares verticales tubo redondo 50x20 mm
- pisadera en tubo redondo
- reja de seguridad y bloqueo de acceso
- peldaños de varilla redonda de 1" de diámetro.
- Peso aproximado por metro de 80 kg.
- Jaula por medio de aros de Solera de ¼" X 2 ½" usando tornillo de cabeza redonda para evitar rasguños.
- Piso de descansos a base de metal desplegado.
- Alfardas de Canal 3 x 4.1 lb/ft.
- Barandales de 1 ¼" Cedula 40.
- Sistema de pintura electrostática estándar en color amarillo tráfico y en negro liso semi mate. Sin embargo, se puede ajustar a los tonos requeridos en el proyecto.
- Tornillería galvanizada para armado e instalación.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

La escalera marinera será construida siguiendo los planos de detalle y verificando las medidas en obra. Para la construcción de la estructura metálica se proveerá acero estructural al carbón, del tipo A-37 con un límite de fluencia mínimo de 2315 Kg/cm², que cumplirá las especificaciones de las Normas ASTM. El Contratista preverá la provisión de los perfiles indicados en planos, debiendo cualquier cambio de los mismos será autorizado, antes de su colocación en obra, por el Supervisor de Obras. Para la ejecución de las uniones se utilizarán soldaduras para arco con electrodos del tipo E 6013 (Ø3.25 mm, Ø6.00mm). Las soldaduras deberán ser pulidas. El empotramiento de las

barandas en el H°A° de las escaleras deberá hacerse mediante pernos de anclaje o mediante planchas embebidas en el H° para luego proceder al soldado de los tubos de soporte. Se tendrá especial cuidado en la firmeza de los mismos.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Los trabajos para la materialización de la escalera marinera ejecutada en forma satisfactoria de acuerdo con los planos, estas especificaciones o como lo ordene el SUPERVISOR se medirán en M2.

El pago del ítem se hará de acuerdo a la unidad y precio presentado. Este costo incluye la compensación total por todos los materiales, mano de obra, herramientas, equipo empleado y demás incidencias determinadas por ley.

ITEM 18.- REPLANTEO

UNIDAD. – M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Comprende todos los trabajos de replanteo y trazado, necesarios para localizar la caseta de control de acuerdo a los planos.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la realización de este ítem, deberán ser provistos por el CONTRATISTA y empleados en obra, previa autorización del SUPERVISOR.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

El CONTRATISTA debe proceder al replanteo del eje de la zanja con alineaciones rectas, destacando la ubicación de accesorios con testigos debidamente marcados con pintura indeleble y sus signos representativos, corriendo por cuenta del CONTRATISTA la reposición de cualquier estaca.

- Toda referencia debe quedar fuera del futuro movimiento de tierras.
- Los anchos de zanja y profundidades a ser realizados, deben ser consultados y autorizados por el SUPERVISOR, respetando los señalados en los planos y los criterios empleados en la elaboración del Proyecto.
- Para realizar este trabajo, se debe emplear huinchas, jalones, estacas, pinturas, etc.
- La información del trabajo de replanteo debe ser anotada en planillas.

4. MEDICIÓN Y PAGO

El pago se efectuará de acuerdo al avance de obra y hasta cubrir la suma global prevista por el proponente en el formulario de presentación de propuestas, una vez que la obra se encuentre totalmente localizada.

ITEM 19.- EXCAVACION CIMIENTOS

UNIDAD. – M3

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Comprenden todos los trabajos de excavación para fundaciones de estructuras sean estas corridas o aisladas, a mano o con maquinaria, ejecutados en diferentes clases de terreno y hasta profundidades establecidas en los planos y de acuerdo a lo señalado en el formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

El contratista realizará los trabajos descritos empleando herramientas, maquinaria y equipo apropiados, previa aprobación del supervisor de obra.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Una vez que el replanteo de las fundaciones hubiera sido aprobado por el Supervisor de Obra, se podrá dar comienzo a las excavaciones correspondientes.

Se procederá al aflojamiento y extracción de los materiales en los lugares demarcados.

Los materiales que vayan a ser utilizados posteriormente para rellenar zanjas o excavaciones, se apilarán convenientemente a los lados de la misma, a una distancia prudencial que no cause presiones sobre sus paredes.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Las excavaciones serán medidas en metros cúbicos, tomando en cuenta únicamente el volumen neto del trabajo ejecutado. Para el cómputo de los volúmenes se tomarán las dimensiones y profundidades indicadas en los planos y/o instrucciones escritas del Supervisor de Obra.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido de acuerdo a 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.

ITEMS: 20,21,22,23.- HORMIGONES CASETA DE CONTROL

UNIDAD. – M3

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Comprenderá los siguientes ítems:

- ZAPATAS DE H° A°
- VIGA DE ARRIOSTRE DE H°A°
- COLUMNAS DE H°A°
- VIGA DE ENCADENADO DE H°A°

Este ítem comprende la fabricación, transporte, colocación, vibrado, protección y curado del hormigón en los moldes o encofrados.

Todos los trabajos señalados deberán ser ejecutados de acuerdo a las dosificaciones y resistencias establecidas en los planos, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del supervisor y en estricta sujeción con las exigencias y requisitos establecidos en la Normas de Hormigón Armado ACI – 318.

2. 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.

Cemento

Este material debe cumplir con los requerimientos dados en “Las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales de Construcción de Obra Gruesa”.

Arena

Este material debe cumplir con los requerimientos dados en “Las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales de Construcción de Obra Gruesa”.

Grava

Este material debe cumplir con los requerimientos dados en “Las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales de Construcción de Obra Gruesa”.

Agua

Este material debe cumplir con los requerimientos dados en “Las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales de Construcción de Obra Gruesa”.

Acero estructural

Este material debe cumplir con los requerimientos especificados en el ítem "Materiales de Construcción".

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Dosificación de materiales

Para la fabricación del hormigón, se recomienda que la dosificación de los materiales se efectúe en peso.

Para los áridos se aceptará una dosificación en volumen, es decir transformándose los pesos en volumen aparente de materiales sueltos.

Se empleará cemento embolsado, la dosificación se hará por número de bolsas de cemento quedando prohibido el uso de fracciones de bolsa.

La medición de los áridos en volumen se realizará en recipientes aprobados por el Supervisor de Obra.

Mezclado

El hormigón deberá ser mezclado mecánicamente, para lo cual:

- Se utilizarán una o más hormigoneras de capacidad adecuada y se empleará personal capacitado para su manejo.
- Periódicamente se verificará la uniformidad del mezclado.

El tiempo de mezclado, contando a partir del momento en que todos los materiales hayan ingresado, no será inferior a 1 ½ minutos (noventa segundos), 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.

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 permita mantener la homogeneidad del hormigón y evitar la pérdida de sus componentes o la introducción de materias ajenas.

Colocación

Antes del vaciado del hormigón en cualquier sección, el contratista deberá requerir la correspondiente autorización escrita del Supervisor de Obra.

El espesor máximo de la capa de hormigón no deberá exceder de 50 cm.

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 hormigón desde alturas mayores a 1.50 metros.

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 capacitados. 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 de efectos perjudiciales. El tiempo de curado será de 7 días mínimos 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 de las estructuras las veces necesarias que se vea opaca la superficie.

Encofrados y cimbras

Podrán ser de metal, madera o de cualquier material suficientemente rígido. Deberán tener la resistencia y estabilidad necesaria, para lo cual serán convenientemente arriostrados.

Previamente a la colocación del hormigón se procederá a la limpieza y humedecimiento de los encofrados.

Si se desea pasar con aceite en las caras interiores de los encofrados deberá realizarse previa a la colocación de las armaduras 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.

Los plazos mínimos para el desencofrado serán los siguientes:

Encofrados laterales de vigas 2 a 3 días

Encofrados de columnas y muros 3 a 7 días

Reparación del hormigón

No se permitirán defectos superficiales, tales como cavidades y cangrejeras, otros, que son signo de una mala compactación y colocado del hormigón.

Las rebabas y protuberancias serán totalmente eliminadas y las superficies desgastadas hasta condicionarlas con las zonas vecinas.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Las cantidades de hormigón armado que componen la estructura completa y terminada de la viga serán medidas en m³.

En esta medición se incluirán únicamente aquellos trabajos que sean aceptados por el Supervisor de Obra y que tengan las dimensiones según los planos o reformadas con autorización escrita del Supervisor de Obra.

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.

ITEMS: 24.- MUROS DE LADRILLO 6 HUECOS E=12 cm

UNIDAD. – M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem se refiere a la construcción de muros con diferentes tipos de ladrillo (gambote cerámico 6H, de dimensiones comerciales previa instrucción del Supervisor de Obra. Se define como ladrillo cerámico, a aquel mampuesto o elemento de construcción constituido esencialmente por tierra arcillosa de características apropiadas, moldeado en forma de rectangular y sometido a un adecuado proceso de secado y cocción.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

a) Características de las materias primas Los ladrillos deberán fabricarse de arcilla o tierra arcillosa bien preparada, con o sin adición de materias áridas, de suficiente plasticidad y consistencia.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Los ladrillos de cerámico 6H y ladrillo gambote se mojarán abundantemente antes de su colocación e igualmente antes de la aplicación del mortero sobre ellos, colocándose en hiladas perfectamente horizontales y a plomada El espesor de las juntas de mortero tanto vertical como horizontal deberá ser de 1.5 cm. Los ladrillos de cerámico 6H y ladrillo gambote deberán tener una trabazón adecuada en las hiladas sucesivas, de tal manera de evitar la continuidad de las juntas verticales.

Cuando los ladrillos sean colocados de soga (muros de media asta-espesor del muro igual a lado menor de un ladrillo), las juntas verticales de cada hilada deberán coincidir con el medio ladrillo de las hiladas superior e inferior.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Los muros de serán medidos en metros cuadrados, tomando en cuenta únicamente el área neta del trabajo ejecutado. Los vanos para puertas, ventanas y elementos estructurales que no sean contruidos con ladrillo o bloques deberán ser descontados. 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 para cada clase de muro y/o tabique.

ITEMS: 25.- CUBIERTA GALVANIZADA

UNIDAD. – M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Ese ítem se refiere a todas las partes techadas con calamina galvanizada No. 28 y la provisión de todos los materiales para la construcción de estructuras metálicas (cerchas) y colocación de largueros para resistir cualquier tipo de cubierta. Los perfiles a emplear serán costaneras de acuerdo a planos y detalles que proporcione el supervisor.

2. 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.

Los elementos de las cerchas estarán conformados por perfiles costaneras de 50 x 100x mm y espesor 3 mm, armados según se especifica en los planos de detalle correspondientes.

Los largueros serán de perfiles costaneras de 40 x 80 x 15 mm y espesor 2 mm, dispuestos según se detalla en planos.

Las pinturas serán de marca reconocida y de primera calidad, suministradas en envases originales y cerrados.

Se utilizará calamina de hierro galvanizado, nueva de calibre 28 (ASG No 28) fijada a los largueros de metal, mediante tirafondos “j” fabricaos para tal fin

Para las cumbreras, limatesas y cubertinas deberá ser calamina plana y galvanizada de calibre N° 28, debidamente moldeada para cumplir esta función con un ancho mínimo total de 50 cm.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

En el momento del vaciado de las vigas de encadenado se dejarán los anclajes embebidos en el hormigón, estos anclajes constarán de angulares de 1 ½”x3/16” y longitud 15 cm, soldados a barras de acero corrugado de 12 mm de diámetro y 15 cm de longitud (dos por cada angular). Se colocarán dos angulares por cada apoyo de cercha.

Las cerchas de la estructura serán armados en taller y se montarán en obra, antes del izado deberán recibir una mano de pintura anticorrosiva.

Los anclajes se fijarán a las cerchas mediante soldadura de arco o de acuerdo a lo indicado por el supervisor de obra.

Se procederá luego al tendido de los largueros de costanera de 40x80x15 y espesor 2mm uniendo estos últimos a las cerchas con soldadura.

Sobre la estructura terminada se colocarán las placas de calamina plástica o de zinc aluminio, sujetándolas a la estructura mediante pernos o tirafondos “J” de anclaje, dicho trabajo se pagará en ítem correspondiente.

La cubierta de calamina galvanizada acanalada será afianzada a los largueros mediante tirafondos “j” galvanizados de 5 ½ pulgadas de longitud y arandelas de goma. Las calaminas se sujetarán cada dos ondas.

4. MEDICIÓN Y PAGO

La cubierta y la estructura se medirá en metros cuadrados (M2) de techo tomando en cuenta el área neta cubierta en proyección de superficie horizontal. Es decir, su proyección en planta.

La cubierta construida con materiales aprobados, en un todo, de acuerdo con estas especificaciones y medida según lo previsto en el punto anterior, será pagada al precio unitario de la propuesta aceptada. Este precio unitario será la compensación total por todos los materiales, herramientas, equipo y mano de obra que inciden en su costo.

ITEMS: 26.- PISO DE H° E=10 cm

UNIDAD. – M3

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem se refiere al vaciado de una capa de hormigón de $e=10$ cm. con dosificación sugerida 1:3:5, que servirá de cama o asiento para la construcción de diferentes estructuras o para otros fines, con resistencia a los 28 días mayor a 100 kg/cm^2 , sin ser esta característica determinante para el ítem, de acuerdo a la altura y sectores singularizados en los planos de detalle, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

El cemento y los áridos deberán cumplir con los requisitos de calidad exigidos para los hormigones. El hormigón pobre se preparará con una dosificación 1:3:5 y una cantidad de cemento de 180 kg por m^3 . El agua deberá ser razonablemente limpia, y libre de aceites, sales, ácidos o cualquier otra sustancia perjudicial.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Una vez limpia el área respectiva, se efectuará el vaciado del hormigón pobre en el espesor o altura señalada en los planos y/o instrucciones del supervisor de obra.

El hormigón se deberá tener un correcto acabado, ya que este hormigón pobre es asiento para estructuras sobre el terreno.

Efectuada la colocación se procederá a realizar el enrasado y nivelado mediante una regla de madera, dejando una superficie lisa y uniforme.

Cabe recalcar que los materiales y equipos mencionados en forma de ejecución de este ítem correrán a cuenta del contratista.

4. MEDICIÓN Y PAGO

La base de hormigón pobre se medirá en metros cúbicos (M3), teniendo en cuenta únicamente los volúmenes o áreas netas ejecutadas. Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y/o instrucciones del supervisor de obra y las presentes especificaciones, medido según lo señalado, será cancelado al precio unitario de la propuesta aceptada.

ITEMS: 27.- COLOCADO DE PUERTA DE MADERA

UNIDAD. – M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Esta actividad se refiere a la instalación de las puertas de madera con sus respectivos marcos, cual deberá hacerse respetando el plomo y el nivel por lo cual deberán ser revisados todos los vanos de la edificación previa colocación de las puertas.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

PUERTA TABLERO C/MARCO	m2
BISAGRA DE 4"(JAPONESA)	pza
CHAPA TIPO PICAPORTE	pza
LIJA P/MADERA	m
PINTURA AL ACEITE MONOPOL	lt

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Después de esta de haber verificado el plomo y el nivel, se picarán las secciones de los muros donde irán embebidas las platinas que trae la estructura de la puerta, luego de la colocación de la puerta se resanarán las secciones con un mortero de las mismas especificaciones del pañete del muro.

Al momento de ser instaladas las puertas se deberá establecer una holgura máxima de 2m.m en relación de la hoja con el marco de la puerta, también es indispensable dejar una luz mínima de 1.5 cm. entre la parte inferior de la puerta y el piso terminado.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Esta actividad será medida en metros cuadrados (M2). Una vez instalada adecuadamente la puerta y recibida a satisfacción por la supervisión, se procederá a su pago de acuerdo al precio unitario acordado, dicho precio deberá incluir cerraduras, bisagras y demás materiales, así como herramientas, mano de obra y demás costos necesarios para la correcta ejecución de la obra.

ITEMS: 28.- CARPINTERIA DE ALUMINIO INCLUYE VIDRIO 4mm

UNIDAD. – M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem comprende la provisión y colocación de ventanas + vidrio Tipo 1 que corresponden a ventanas de vidrio traslucido con un espesor de 6 mm más la estructura de aluminio necesaria para la construcción de dichas ventanas como se indican en los planos.

Las estructuras de aluminio necesarias para sujetar los vidrios serán perfiles T 8” cortado y colocados según la forma que se indica en los planos arquitectónicos.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

VIDRIO TRASLUCIDO 6MM	m2
PERFIL P/VENTANA	m
ACCES P/VENTANAS	m2

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Las ventanas de vidrio traslucido de 6mm serán colocadas con su respectiva estructura de aluminio y accesorios necesarios con el consentimiento del supervisor, estos serán completamente sujetos a la estructura de aluminio mediante silicona en pasta.

Cualquier vidrio colocado en forma defectuosa o que presente rajaduras deberá ser repuesto por el Contratista bajo su propio costo. Luego de ser colocados los vidrios para la entrega provisional deberán ser limpiados prolijamente.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Las ventanas de vidrio traslucido y estructura de aluminio de soporte serán medidas en metros cuadrados tomando en cuenta las áreas netas de trabajo ejecutado. Este ítem será cancelado al precio unitario de la propuesta aceptada.

ITEMS: 29.- PINTURA INTERIOR Y EXTERIOR

UNIDAD. – M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

El trabajo comprendido en éste ítem se refiere al acabado con pintura al agua, de acuerdo con estas especificaciones.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Para la ejecución de este ítem se utilizará pintura al agua de calidad reconocida en el medio y herramientas de uso corriente para el efecto.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Primeramente, se aplicará sellador para cubrir pequeñas oquedades en la superficie a pintar luego se deberá lijar para eliminar toda rugosidad y dejarla perfectamente lisa.

Posteriormente se aplicará una mano de pintura utilizando rodillo y brocha para las zonas donde no acceda el rodillo. Posteriormente al secado de la primera mano se aplicará una segunda logrando un color uniforme en toda la superficie. El Supervisor de Obra aprobará o exigirá una tercera mano si es necesario.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Se medirán en metros cuadrados (M2), tomando en cuenta solamente el área de trabajo ejecutado.

Los trabajos efectuados de acuerdo a las presentes especificaciones, aprobados por el Supervisor de obra, medidos de acuerdo a lo indicado en el acápite de medición, serán pagados de acuerdo a los precios unitarios del proyecto.

ITEMS: 30.- PROV. Y COLOCADO DE ESCALERA METALICA

UNIDAD. –PZA

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Son todas las actividades relacionadas al montaje de una escalera metálica nueva en el interior de acuerdo al diseño arquitectónico indicado en el plano respectivo.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Acero estructural, hormigón simple 210 Kg/cm², primer, pintura sintética, disco de corte, electrodos, diluyente. Equipo: Herramienta menor, soldadora, compresor, andamios.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Consiste en la provisión de material y montaje de una escalera metálica de las dimensiones y forma indicada en el plano arquitectónico, incluye todos los elementos de anclaje y pasamanos, pintura sintética, los escalones serán rellenos con hormigón de 210Kg/cm².

4. MEDICIÓN Y PAGO

La medición se la hará por unidad de pieza de escalera instalada en el lugar especificado en los planos.

ITEMS: 31.- INSTALACION ELECTRICA LUMINARIAS

UNIDAD. –PTO

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem comprende la provisión e instalación de una luminaria panel LED 12 W completa de acuerdo a los planos del proyecto.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- Luminaria panel LED 12 w.
- CAJA CONEXION EXAGONAL.
- Cable de Cu. 14 AWG.
- Tubo PVC $\frac{3}{4}$ “.
- Picado de Ladrillo.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Se realizará el picado de ladrillo, el ductado y luego fijar la luminaria al cielo falso, en el lugar indicado en los planos. Todas las luminarias deberán estar correctamente instaladas.

El empalme y aislado deberá realizarse de acuerdo a normas de instalación eléctrica y debidamente aisladas con cinta aislante de buena calidad.

4. MEDICIÓN Y PAGO

La medición de este ítem se realizará por Punto (Pto.) ejecutado. El pago por el trabajo efectuado tal como lo prescribe éste ítem y medido en la forma indicada en el inciso de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones técnicas, será pagado a precio unitario de la propuesta aceptada según lo señalado, revisado y aprobado por el Supervisor de Obra, Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

ITEMS: 32.- INSTALACION ELECTRICA TOMACORRIENTES

UNIDAD. –PTO

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem se refiere a la provisión e instalación de tomacorrientes.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Todos los materiales, herramientas y equipos deberán ser proporcionados por el contratista. Los materiales usados para la realización de este ítem serán de la mejor calidad de acuerdo al siguiente detalle:

- TOMACORRIENTE DOBLE NEMA PLACA.
- Caja rectangular.
- Cable de cobre 12 AWG.
- Tubo PVC $\frac{3}{4}$ ".

El tomacorriente deberá ser de marca reconocida con una capacidad no menor a 16 A. El modelo y color de las placas será definido por el Supervisor. Los tomacorrientes deberán contar con borne para conexión a tierra.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Los tomacorrientes serán instalados dentro de cajas de derivación rectangulares previamente empotradas en los muros donde el plano eléctrico lo indique. Los bornes del tomacorriente deben ajustar adecuadamente al conductor que lo alimenta. Los tomacorrientes deben instalarse a 0.40 m sobre el nivel del piso terminado.

Todos los tomacorrientes deben estar conectados al circuito de descarga a tierra en su borne respectivo

4. MEDICIÓN Y PAGO

La medición de este ítem se realizará por Punto (Pto.) ejecutado. El pago por el trabajo efectuado tal como lo prescribe éste ítem y medido en la forma indicada en el inciso de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones técnicas, será pagado a precio unitario de la propuesta aceptada según lo señalado, revisado y aprobado.

ITEMS: 33.- TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL

UNIDAD. –PTO

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem se refiere a la provisión e instalación del tablero de general y todos los accesorios necesarios para su funcionamiento, de acuerdo a los circuitos y detalles señalados en los planos respectivos, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra. Deberá verificar el diagrama unifilar del sistema para proveer la cantidad de interruptores automáticos requeridos.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Tendrá el sistema de embarramiento trifásico más neutro y tierra llevará un interruptor automático 3F de 320Amp. Rp.35 KA. Tendrá la capacidad de albergar los elementos de protección según el diagrama unifilar de acuerdo a diseño terminado. Deberá contar con su sistema de aterramiento.

- Tensión de aislamiento mínima de las barras: 100 V
- Tensión de aislamiento mínima de los equipos y de los alambres: 510 V
- Naturaleza de la corriente: alterna, trifásica.
- Frecuencia nominal: 50 hz.
- Tensión nominal. 400 voltios
- Corriente nominal de las barras de 95 amperios
- Intensidad del cortocircuito. 35 KA.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

El tablero general deberá fabricarse de acuerdo al diseño y dimensiones establecidas en los planos respectivos y deberán empotrarse en la pared mediante tornillos de sujeción tanto la parte empotrada como la parte exterior.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Este ítem se medirá por PTO debidamente instalada, verificada y aprobada por el Supervisor de Obra, o en forma global, según lo establecido en el formulario de presentación de propuestas, medición que comprenderá el tablero general, los cables, y todos los accesorios necesarios para su funcionamiento.

ITEMS: 34.- INSTALACION DE BOMBA DE AGUA 4HP

UNIDAD. –GBL

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem se refiere a la provisión y colocación de bomba de agua 4 Hp.

Las características técnicas deberán ser mejores o similares a este ítem.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Todos los materiales empleados en la instalación eléctrica deben ser de primera calidad y antes de proceder a su instalación serán aprobados por el Supervisor. En la presentación de propuestas se debe especificar e incluir una descripción detallada o catálogo del tipo de artefactos a usar.

Modelo	Electrobomba Centrífuga
Hp.	5.5
Kw.	4
Voltios	220 / 380
Aislamiento	Clase F.
Protección	IP 44.
Funcionamiento Continuo	S1
Succión Roscado NPT.	2"
Impulsión Roscado NPT.	2"
Temperatura de liquido	-10 °C hasta +90 °C
Temperatura de Ambiente	-10°C hasta +40°C
Presión Max.	10 Bar
Certificación ISO	9001:2008

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

Se debe tener especial cuidado en el aislamiento de tuberías, cables y protección de los mismos. El acabado debe garantizar la protección necesaria para no el ingreso de polvo o suciedad a la bomba de agua. Además de observar todas las recomendaciones especificadas, el contratista debe entregar todo el trabajo en perfecto funcionamiento, garantizando su operación.

4. MEDICIÓN Y PAGO

Este ítem será medido de manera Global(GBL) efectiva, el cual será verificado y aprobado a la finalización de estas actividades por el Supervisor de Obras. Este ítem se pagará al precio que en el contrato se haya convenido, por el total de horas que hayan sido necesarias para que de la boca del pozo salga agua completamente limpia.

ITEMS: 35.- LIMPIEZA DE EXCEDENTES

UNIDAD. –M2

1. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM

Este ítem se refiere a la limpieza, extracción y retiro de suelo con contenido orgánico, hierbas, maderas caídas, escombros y arbustos del terreno, como trabajo final de las obras, de acuerdo a lo establecido en documentos contractuales, planos y/o instrucciones del Supervisor.

2. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

El CONTRATISTA deberá proporcionar todos los equipos, herramientas y demás elementos necesarios para la ejecución de este ítem, como ser tractores de orugas, palas cargadoras, volquetas, herramientas como picotas, palas, carretillas, azadones, rastrillos y otros elementos necesarios para la labor de limpieza y traslado de los escombros hasta los lugares determinados por el Supervisor.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN

La limpieza de la cobertura vegetal, retiro de hierbas y extracción de arbustos se efectuará manualmente o con equipo según corresponda, de tal manera que se deje despejada el área para la entrega de las obras. Seguidamente se procederá al retiro del material extraído, depositándolo en el lugar determinado por el Supervisor, hasta una distancia libre de mil metros, aun cuando estuviera fuera de los límites de la obra. No se permitirá que se queme los materiales removidos, conforme lo señalan las especificaciones ambientales. Una vez concluidos los trabajos de limpieza, el CONTRATISTA solicitará mediante el libro de órdenes la aprobación escrita por parte del Supervisor.

4. MEDICIÓN Y PAGO

El trabajo de limpieza y desbroce será medido en metros cuadrados(M2), considerando solamente la superficie neta del terreno o las áreas estipuladas en los planos. La limpieza y desbroce en exceso, no autorizada por el Supervisor, no será valorizada.

ANEXOS
‘E’
CRONOGRAMA
DE
OBRA

