



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2)
PARA MUNICIPIO DE AMATITLÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES,
GUATEMALA**

Noé de Jesús Quan Barrios

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, septiembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2)
PARA MUNICIPIO DE AMATITLÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES,
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

NOÉ DE JESÚS QUAN BARRIOS

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Christian Moisés de la Cruz Leal |
| VOCAL V | Br. Kevin Armando Cruz Lorente |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|---|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra |
| EXAMINADOR | Ing. Silvio José Rodríguez Serrano |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2)
PARA MUNICIPIO DE AMATITLÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES,
GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 15 de octubre de 2018.

Noé de Jesús Quan Barrios

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 10 de febrero de 2020
REF.EPS.DOC.99.02.2020

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Noé de Jesús Quan Barrios**, Registro Académico 201325655 y CUI 2243 50498 1222 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM 2) PARA MUNICIPIO DE AMATITLÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
SJRS/ra



<http://civil.ingeniería.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 27 de abril de 2,020

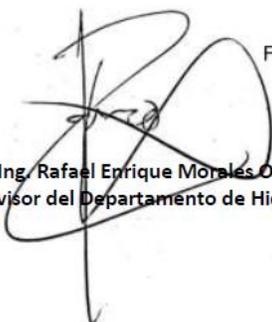
Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE RED GEODESICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2) PARA MUNICIPIO DE AMATITLAN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **Noé de Jesús Quan Barrios**, DPI 2243504981222, Registro Académico 201325655, quién contó con la asesoría de el **Ing. Silvio José Rodríguez Serrano**, Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor del Departamento de Hidráulica

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 30 de abril de 2020

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2) PARA MUNICIPIO DE AMATILÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA” desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Noé de Jesús Quian Barrios con registro académico 201325655 y CUI 2243 50498 1222, quien contó con la asesoría de la Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Mario Estuardo Arriola Avila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 6 de mayo de 2020
REF.EPS. D.203.05.2020

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2) PARA MUNICIPIO DE AMATITLÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Noe de Jesús Quan Barrios, CUI 2243 50498 1222 y Registro Académico 201325655**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH

Nota: esta carta es una copia de la original, la cual se sustituirá por la original al momento de que se normalicen las actividades en la Universidad.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

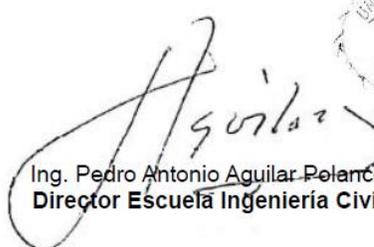
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 07 de mayo de 2020
DEIC-TG-EPS-001-2020/paap

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor de EPS Ingeniero Silvio José Rodríguez Serrano, del revisor del Departamento de Hidráulica Ingeniero Rafael Enrique Morales Ochoa, del Coordinador del Área de Topografía y Transportes Ingeniero Mario Estuardo Arriola Ávila y del Director de la Unidad de EPS Ingeniero Oscar Argueta Hernández al trabajo de graduación correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) del estudiante Noé de Jesús Quan Barrios **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2) PARA MUNICIPIO DE AMATITLÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil



Interesado
Asesor
Director Unidad EPS
Jefe del Departamento de Hidráulica
Jefe del Departamento de Topografía y Transportes



Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua

DTG. 241.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2) PARA MUNICIPIO DE AMATITLÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA.**, presentado por el estudiante universitario: **Noé de Jesús Quan Barrios**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, septiembre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|-----------------------|--|
| Dios | Por siempre cuidar de mí y ser luz en mí camino, por darme a entender como levantarme de mis tropiezos y darle sentido a mi vida. |
| Mis bisabuelos | Bernarda Escobar (q. e. p. d.), Eugenia Méndez (q. e. p. d.), Emilia Orozco (q. e. p. d.), Oscar Méndez (q. e. p. d.). |
| Mis padres | Noé Tereso de Jesús Quan Carreto y Edy Itálica Barrios Valladares, gracias por su sacrificio, comprensión y apoyo incondicional que siempre me han brindado en la vida. |
| Mis hermanos | Bernarda Quan, Teresa Quan, María Quan, Moisés Quan, Edi Quan y Luis Mejía. |
| Mis abuelos | Manuela García, Víctor Maldonado, Pedro Barrios (q. e. p. d.), Vitalina Gramajo, Felipe Quan y Teresa Carreto (q. e. p. d.). |
| Mis sobrinos | Aine López, Fernando Sánchez, Daniel Tumax, Gloria, Anderson Quan, Keily López, Miguel Tumax, Devora López, Sara Tumax, Emiliano Sánchez, Alexander Sánchez, Valentina Quan. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser la casa de estudios que me formó de manera profesional. |
| Facultad de Ingeniería | Por brindarme conocimientos, guía y herramientas necesarias para afrontar cualquier reto profesional. |
| Mi familia | Noé Tereso de Jesús Quan Carreto, Edy Itálica Barrios Valladares y Bernarda Manuela Quan Barrios. |
| Mancomunidad Gran Ciudad del Sur | Por brindarme la oportunidad para realizar mi Ejercicio Profesional supervisado (EPS). |
| Municipalidad de Amatitlán | En especial a la Oficina Municipal de Desarrollo Urbano y Territorial, por darme la oportunidad de realizar mi EPS. |
| Municipalidad de Villa Canales | Por su asesoría técnica profesional al presente estudio. |
| Ing. Silvio Rodríguez | Por su asesoría técnica profesional al presente estudio. |

Los ingenieros

David Pazmiño, Gerson Barrios, Julio Corado, Luis Castañeda, Thomas Leiva, Obdulio Cotuc, Jorge Mansilla, Manuel Arrivillaga, fueron determinantes para poder culminar con éxito mi carrera profesional, Dios les bendiga.

Mis amigos

Gerson Matzar, Daniel Areas, Misael Trinidad, Rully Bocel, Allan Juracan, Walter Rodríguez, Kevin Orozco.

Mis cuñados

Valentín Sánchez, Enoc López, Tomás Tumax (q. e. p. d.).

Mis tíos

Carlos Barrios (q. e. p. d.), Marvin Barrios (q. e. p. d.), Antonio Barrios (q. e. p. d.), Erwer Barrios, Paulina Carreto, Edgar Quan, Dalida Maldonado, Eswin Barrios, por darme amor incondicional.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN..... | XIII |
| OBJETIVOS..... | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVII |
| | |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1. Monografía del municipio de Amatlán..... | 1 |
| 1.1.1. Aspectos generales | 1 |
| 1.1.2. Localización | 2 |
| 1.1.3. Ubicación geográfica y colindancias..... | 3 |
| 1.1.4. Clima | 3 |
| 1.1.5. Turismo..... | 4 |
| 1.1.6. Situación demográfica | 5 |
| 1.1.7. Idioma..... | 5 |
| 1.1.8. Religión..... | 5 |
| 1.1.9. Aspectos económicos y actividades productivas | 5 |
| 1.2. Monografía del municipio de Villa Canales..... | 6 |
| 1.2.1. Aspectos generales | 6 |
| 1.2.2. Localización | 7 |
| 1.2.3. Ubicación geográfica y colindancias..... | 8 |
| 1.2.4. Clima | 9 |
| 1.2.5. Turismo..... | 9 |
| 1.2.6. Situación demográfica | 10 |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.2.7. | Idioma..... | 10 |
| 1.2.8. | Religión | 10 |
| 1.2.9. | Aspectos económicos y actividades productivas..... | 11 |
| 2. | FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL | 13 |
| 2.1. | Diseño e implementación de una Red Geodésica de Apoyo Municipal 2 (RAM2) para el municipio de Amatitlán. | 13 |
| 2.1.1. | Descripción teórica | 13 |
| 2.1.1.1. | Redes geodésicas | 13 |
| 2.1.1.2. | Sistemas de referencia..... | 15 |
| 2.1.1.3. | Sistemas de coordenadas | 18 |
| 2.1.1.4. | Generalidades sobre la medición con tecnología satelital..... | 20 |
| 2.1.2. | Diseño geométrico de la red geodésica | 26 |
| 2.1.2.1. | Criterios de diseño | 28 |
| 2.1.2.2. | Selección del sitio..... | 28 |
| 2.1.2.3. | Codificación de la Red Geodésica | 31 |
| 2.1.2.4. | Diseño geométrico de líneas base y líneas de amarre. | 33 |
| 2.1.3. | Monumentación y geoposicionamiento | 37 |
| 2.1.3.1. | Monumentación..... | 37 |
| 2.1.3.2. | Geoposicionamiento..... | 39 |
| 2.1.4. | Postproceso | 41 |
| 2.1.5. | Aplicaciones geodésicas | 46 |
| 2.1.6. | Presupuesto del proyecto..... | 46 |
| 2.2. | Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Cumbre de Guadalupe de aldea Santa Rosita, Villa Canales..... | 47 |
| 2.2.1. | Descripción del proyecto | 47 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 2.2.2. | Levantamiento Topográfico | 47 |
| 2.2.2.1. | Planimetría..... | 48 |
| 2.2.2.2. | Altimetría..... | 48 |
| 2.2.3. | Aforo de la fuente | 48 |
| 2.2.4. | Calidad de agua..... | 48 |
| 2.2.4.1. | Análisis bacteriológico | 49 |
| 2.2.4.2. | Análisis fisicoquímico..... | 49 |
| 2.2.5. | Criterios de diseño..... | 49 |
| 2.2.5.1. | Periodo de diseño..... | 50 |
| 2.2.5.2. | Estimación de la población futura | 50 |
| 2.2.5.3. | Dotación | 51 |
| 2.2.6. | Factores de consumo | 51 |
| 2.2.6.1. | Factor de día máximo | 52 |
| 2.2.6.2. | Factor de hora máximo..... | 52 |
| 2.2.7. | Determinación de caudales | 52 |
| 2.2.7.1. | Caudal medio diario..... | 53 |
| 2.2.7.2. | Caudal máximo diario | 53 |
| 2.2.7.3. | Caudal máximo horario..... | 54 |
| 2.2.7.4. | Caudal de vivienda | 55 |
| 2.2.8. | Parámetros de diseño..... | 55 |
| 2.2.9. | Captación..... | 56 |
| 2.2.10. | Tipos de tuberías | 56 |
| 2.2.11. | Velocidades máximas y mínimas..... | 57 |
| 2.2.12. | Presiones máximas y mínimas | 57 |
| 2.2.13. | Coeficiente de fricción | 57 |
| 2.2.14. | Línea de conducción..... | 57 |
| 2.2.14.1. | Caudal de bombeo | 58 |
| 2.2.14.2. | Diámetro de tubería de impulsión | 59 |
| 2.2.14.3. | Carga dinámica total..... | 66 |

| | | |
|-----------------------|--|-----|
| 2.2.15. | Tanque de abastecimiento | 72 |
| 2.2.15.1. | Volumen de almacenamiento | 72 |
| 2.2.15.2. | Diseño de la Zapata | 106 |
| 2.2.16. | Diseño de la red de distribución | 115 |
| 2.2.17. | Obras hidráulicas | 121 |
| 2.2.17.1. | Caja de válvulas o de registro | 122 |
| 2.2.17.2. | Conexiones domiciliar o predial..... | 122 |
| 2.2.17.3. | Válvulas de compuerta | 122 |
| 2.2.18. | Sistema de desinfección..... | 123 |
| 2.2.19. | Presupuesto del proyecto..... | 125 |
| 2.2.20. | Impacto ambiental | 126 |
| 2.2.21. | Cronograma de ejecución | 127 |
| CONCLUSIONES..... | | 129 |
| RECOMENDACIONES | | 131 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 133 |
| APÉNDICES..... | | 135 |
| ANEXOS..... | | 145 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Localización del Municipio de Amatitlán, Guatemala | 2 |
| 2. | Localización del Municipio de Villa Canales, Guatemala | 8 |
| 3. | Ubicación de Estaciones de Referencia de Operación Continua (CORS) en Guatemala | 27 |
| 4. | Ubicación de lugares seleccionados para el diseño de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2) | 30 |
| 5. | Nomenclatura de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2)..... | 32 |
| 6. | Líneas base de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2)..... | 35 |
| 7. | Líneas de amarre entre la RAC1 y la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2)..... | 36 |
| 8. | Monumento RAM2 | 38 |
| 9. | Detalle de vértice de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM 2)..... | 38 |
| 10. | Ejemplo de observación GPS en el vértice de la RAM2..... | 40 |
| 11. | Información de satélites sin depurar..... | 41 |
| 12. | Información de satélites depurada | 42 |
| 13. | Partes del tanque y sus dimensiones..... | 73 |
| 14. | Inclinación de techo del tanque elevado | 75 |
| 15. | Planta de torre con cuatro columnas..... | 77 |
| 16. | Planta de torre, inclinación de columnas..... | 78 |
| 17. | Carga ejercida sobre la pared del tanque | 79 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 18. | Ángulo de inclinación de columnas..... | 85 |
| 19. | Fuerza de sismo 1 | 87 |
| 20. | Fuerza de sismo 2 | 87 |
| 21. | Cargas finales..... | 89 |
| 22. | Tensores del tanque | 94 |
| 23. | Corte simple..... | 110 |
| 24. | Corte punzonante | 112 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|-----|
| I. | Población económicamente activa de Amatitlán..... | 6 |
| II. | Población económicamente activa de Villa Canales..... | 11 |
| III. | Lista de vectores de la RAM2 de Amatitlán, Guatemala..... | 43 |
| IV. | Coordenadas GTM de la RAM2 de Amatitlán, Guatemala | 45 |
| V. | Coordenadas geográficas de la RAM2 de Amatitlán, Guatemala | 45 |
| VI. | Costo mensual de amortización..... | 61 |
| VII. | Costo mensual de bombeo | 63 |
| VIII. | Costo total de tubería..... | 64 |
| IX. | Presupuesto del proyecto | 125 |
| X. | Cronograma de ejecución..... | 127 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------------|--------------------------------------|
| H | Altura |
| A | Amortización |
| A_o | Área transversal de tubería |
| HP | Caballos de fuerza |
| CDT | Carga dinámica total |
| Q | Caudal |
| Q_b | Caudal de bombeo |
| QMD | Caudal máximo diario |
| QMH | Caudal máximo horario |
| Qm | Caudal medio diario |
| PVC | Cloruro de polivinilo |
| C | Coefficiente de rugosidad de tubería |
| CP | Cota Piezométrica |
| CT | Cota de terreno |
| d | Diámetro comercial de tubería |
| Ø | Diámetro interno de tubería |
| E | Eficiencia de la bomba |
| E- | Estación topográfica |
| FDM | Factor de día máximo |
| FHM | Factor de hora máximo |
| PSI | Libra fuerza por pulgada cuadrada |
| lts/seg | Litros por segundo |
| L | Longitud |

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| m | Metro |
| m.c.a. | Metros columna de agua |
| m/s | Metro por segundo |
| Hf | Pérdida de carga |
| Hfv | Pérdida de carga por velocidad |
| n | Periodo de diseño |
| Hfm | Pérdidas menores |
| Po | Población actual |
| Pf | Población futura |
| Pot | Potencia de la bomba |
| CD | Presión dinámica |
| CE | Presión estática |
| Q. | Quetzal |
| s | Segundo |
| i | Tasa de crecimiento |
| t_b | Tiempo de bombeo |
| v | Velocidad |

GLOSARIO

| | |
|---------------------|---|
| Agua potable | Agua apta para consumo humano, cumple con los requisitos propuestos en la norma COGUANOR NGO 29 001. |
| Altimetría | Estudio topográfico del cual se derivan las diferencias de nivel existentes en el terreno de estudio. |
| Catastro | Registro administrativo dependiente del estado, en el que se describen los bienes inmuebles. |
| COCODE | Consejos Comunitarios de Desarrollo. Entes que representan a una población determinada. |
| Datum | Marco de referencia que se utiliza para definir el tipo de coordenadas. |
| COGUANOR | Comisión Guatemalteca de Normas. |
| DOP | Dilution of Precision por sus siglas en inglés, en español significa dilución de la precisión, produce incertidumbre en la precisión del posicionamiento. |
| Dotación | Cantidad de agua asignada a la unidad consumidora, es decir a un habitante e industria. |

| | |
|---------------------------|--|
| Efemérides | Error que se da cuando la posición transmitida por el satélite no coincide con la real. |
| EMPAGUA | Empresa municipal de agua, encargada de brindar servicio de agua potable en el territorio de la municipalidad de Guatemala. |
| Espacio Euclídeo | Espacio geométrico que comprende la recta y el espacio tridimensional. |
| ESTACIÓN TOTAL | Es un aparato de tecnología eléctrica que se utiliza para la topografía, consiste en la incorporación de un distanciómetro y un procesador a un teodolito. |
| Geodesia | Ciencia que estudia la medida y la forma del globo terráqueo, acatándose a las necesidades. |
| Geoposicionamiento | Método mediante el cual se ubican las coordenadas de cada vértice de la red bajo estudio. |
| Georeferenciación | Conjunto de números que expresan la ubicación de un punto en el espacio Euclídeo. |
| GLONASS | Sus siglas significan Global Navigation Satellite System, y es el sistema de navegación por satélite creado por la Unión Soviética. |
| GNSS | Es un sistema de navegación por satélite que incluye las constelaciones de satélites GPS y GLONASS. |

| | |
|-------------------------|--|
| GPS | Sus siglas en inglés significan Global Positional System fue creado por el estado de defensa de Estados Unidos de América. |
| GTM | Es la proyección cartográfica para la zona de Guatemala. |
| INE | Instituto Nacional de Estadística. |
| INFOM | Instituto de Fomento Municipal. |
| Línea base | Líneas imaginarias que unen los vértices de la RAC formando triángulos. |
| Líneas de amarre | Líneas imaginarias que unen a una RAC de orden superior con una de orden inferior. |
| MSPAS | Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. |
| Nivel dinámico | Nivel al que el agua se estabiliza durante el periodo de bombeo de un pozo. |
| Nivel estático | Nivel hidrostático de un pozo, es decir, antes del inicio de bombeo. |
| Piezométrica | Altura de presión de agua que se tiene en un punto dado. |

| | |
|--------------------|--|
| Planimetría | Estudio topográfico del cual se derivan las medidas en un plano horizontal de un terreno. |
| RAC | Red de Apoyo Catastral. |
| RAM | Red de Apoyo Municipal. |
| RIC | Registro de Información Catastral. |
| RINEX | Formato de texto que almacena de manera estandarizada la información proporcionada por los receptores. |
| TBC | Software para posproceso y ajuste de redes, su nombre son las siglas de Trimble Bussines Center. |
| TPS | Sus siglas en inglés significan Transaction Processing System, se refiera a estaciones totales. |
| UERE | Error equivalente en la distancia al usuario. |
| UNEPAR | Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. |
| UTM | Sistema de coordenadas planas (X,Y), sus siglas significa Universal Transverse Mercator. |
| WGS-84 | Sistema de coordenadas planas mundial con el cual se puede localizar cualquier punto. |

RESUMEN

El presente trabajo contiene dos partes, la primera parte corresponde a la monografía de los municipios de Amatlán y Villa Canales, por medio del cual se elaboró una investigación sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos. Debido a esta investigación se llegó a determinar las siguientes necesidades que se describen en la segunda parte de este trabajo.

Después de narrar la primera parte del presente trabajo se continúa con la fase de servicio técnico profesional, describiendo el diseño e implementación de la Red Geodésica de Apoyo municipal 2 (RAM2), consiste en el diseño geométrico de la red geodésica, monumentación, geoposicionamiento, explicando el posproceso realizado por medio del software en que se logra darles la precisión requerida a las coordenadas de la red, y se finaliza con la creación de mapas. El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se desarrollaron las siguientes actividades: vista preliminar de campo, levantamiento topográfico, análisis de laboratorio de la calidad de agua, elaboración de planos, presupuesto, cronograma.

Para la realización de dichos proyectos se deben tomar en cuenta todos los factores y normas de construcción. Finalmente se incluyen en este informe, las conclusiones y recomendaciones en relación a los objetivos generales y específicos, fuentes bibliográficas, apéndice y anexos.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementación de Red Geodésica de Apoyo Municipal 2 (RAM2) para municipio de Amatitlán y sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Cumbre de Guadalupe aldea Santa Rosita, Villa Canales, Guatemala.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica para analizar y determinar las necesidades prioritarias de los municipios de Amatitlán y Villa Canales, Guatemala.
2. Diseñar e implementar la Red Geodésica de Apoyo Municipal 2 (RAM2) para municipio de Amatitlán para determinar las coordenadas precisas de los diferentes lugares seleccionados y la creación de mapas por medio del manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del Registro de Información Catastral (RIC).
3. Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Cumbre de Guadalupe para suministrar un servicio satisfactorio bajo los parámetros de la norma de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR) y elaborar planos, presupuesto y cronograma.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de graduación, se presentan de forma separada dos proyectos, cada uno contienen la respectiva monografía para cada municipio y descripción de los elementos que intervienen directamente con el diseño.

El proyecto de la Red Geodésica de Apoyo Municipal 2 (RAM2) será de gran beneficio para los vecinos, ya que actualmente el municipio de Amatlán se encuentra en fase de crecimiento demográfico y económico, dicho crecimiento ha sido de forma muy desordenada y acelerada, por lo que fue necesaria la implementación de este proyecto para iniciar el proceso de construcción de un Plan de Ordenamiento Territorial.

El segundo proyecto a diseñar es de gran beneficio para la población del caserío Cumbre de Guadalupe, ya que actualmente no cuentan con el servicio de agua potable, debido a esto los habitantes se ven en la necesidad de hacer pozos artesanales y caminar una larga distancia para llevar agua de un manantial a sus viviendas; esto contribuye a la proliferación de enfermedades de tipo gastrointestinal.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Amatitlán

A continuación se describen las características y la ubicación exacta del municipio de Amatitlán, Guatemala.

1.1.1. Aspectos generales

Amatitlán es un municipio que se ubica al sur del departamento de Guatemala. Cuenta con una extensión territorial de 204 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 190 metros sobre el nivel del mar. Después de la independencia, por Decreto Legislativo del 28 de agosto de 1835 se le otorgó a ser capital del Estado de Guatemala.

El acuerdo Gubernativo del 8 de mayo de 1866 dispuso que el entonces conocido como Corregimiento de Amatitlán se le otorgó la categoría de Departamento. Por Decreto Legislativo 2081 del 29 de abril de 1935, durante el gobierno del General Jorge Ubico, se suprimió el departamento de Amatitlán y se agregó como municipio al departamento de Guatemala.

La población tiene una tasa promedio de crecimiento anual de 2,5 %, la cual puede analizarse teniendo como referencia los datos del Censo de población realizado en el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE) era 82 870 habitantes.¹

¹ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala*. p. 17.

1.1.3. Ubicación geográfica y colindancias

El municipio de Amatitlán limita al norte con los municipios de Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales (Guatemala); al sur con los municipios de Palín y San Vicente Pacaya (Escuintla) y Villa Canales (Guatemala); al este con el municipio Villa Canales (Guatemala); y al oeste con los municipios de Santa María de Jesús y Magdalena Milpas Altas (Sacatepéquez). Se encuentra a una distancia de 25 Kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala.³

1.1.4. Clima

La estación meteorológica más cercana es del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala, dicta lo siguiente:

- Temperatura: 21,27 °C
- Humedad real: 71,26 %
- Punto de rocío: 25,12 °C
- Radiación Global: 36,03 W/m²
- Evaporación: 0,01 mm
- Lluvia: 0 mm
- Batería: 13,01 V

Datos tomados de INSIVUMEH el 23 de abril de 2020 a las 20:40 horas.

³ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala*. p. 11.

1.1.5. Turismo

Por las características urbanas y que su población en su mayoría es ladina, no se presentan áreas con características de lugares sagrados. En el caso del municipio de Amatitlán su población reconoce áreas de importancia significativa por sus atractivos turísticos, valor cultural y tradicional que tienen para sus habitantes, ya sea por causas: religiosas, tradicionales en la historia y desarrollo del municipio o país, y de las que se pueden mencionar las siguientes:⁴

- Iglesias Viejas
- Puente Anis
- Puente La Gloria
- Monte Sion
- Silla del Niño
- Pampichin
- Antigua Estación del Ferrocarril
- Parque Nacional de Naciones Unidas
- El Parque Central
- El Rocarena
- Santa Teresita
- Kawilal Spa
- Centro Recreativo las Ninfas
- IRTRA de Amatitlán
- Turicentro la Ceiba
- Automariscos

⁴ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala*. p. 74.

1.1.6. Situación demográfica

Según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2002, el municipio de Amatitlán, tiene una población de 82 870 habitantes. Se encuentra distribuido por género de la siguiente forma: 51,17 % (42 408) mujeres y 48,82 % (40 462) hombre, la población del municipio, se encuentra distribuida en: área rural 26,48 % (21 946) y urbano 73,52 % (60 924).⁵

1.1.7. Idioma

Se habla el español y parte de su población habla cakchiquel y Poqoman. Esto es debido a predomina el mestizaje, solo el 3 % es de origen Poqoman. Por tanto, el porcentaje de población que habla cada idioma es: 97 % español y 3 % Poqoman.⁶

1.1.8. Religión

“En Amatitlán la religión en su minoría de la población es evangélica y la mayoría es católica.”⁷

1.1.9. Aspectos económicos y actividades productivas

El municipio de Amatitlán se caracteriza como una ciudad dormitorio, debido a la migración de una buena cantidad de sus habitantes, que se trasladan fuera del municipio por fines laborales, comerciales, estudio y otros, lo realizan en la ciudad capital.

⁵ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala*. p. 17.

⁶ *Ibíd.* p. 10.

⁷ *Ibíd.* p. 10.

Al analizar las condiciones de la población de Amatitlán, los indicadores señalan que se encuentra debajo de la línea de pobreza general nacional, con un porcentaje de 17,57 % en pobreza general y el 1,16 % en pobreza extrema.⁸

Tabla I. **Población económicamente activa de Amatitlán**

| Población Económicamente Activa Amatitlán, Guatemala | |
|---|--------|
| Categoría | |
| Población Económicamente Activa | 30 297 |
| Población Ocupada | 30 024 |
| Población Desocupada | 273 |
| Población Económicamente Activa Hombres | 20 282 |
| Población Económicamente Activa Mujeres | 10 014 |
| Tasa de Ocupación | 99,10 |
| Tasa de Desocupación | 0,90 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

1.2. Monografía del municipio de Villa Canales

A continuación se describen las características y la ubicación exacta del municipio de Villa Canales, Guatemala.

1.2.1. Aspectos generales

Villa Canales municipio del departamento de Guatemala llamado Pueblo Viejo, durante la colonia, es una comunidad formado por Santa Inés Petapa y

⁸ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala*. p. 3.

San Miguel Petapa, asentada en la comunidad prehispánica de lengua Poqomán. Cuenta con una extensión territorial de 353 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 215 metros sobre el nivel del mar.

Villa Canales se formó por el año de 1824. El 4 de mayo de 1912 por acuerdo gubernativo la cabecera del municipio de Santa Inés se traslada a Pueblo Nuevo, por acuerdo gubernativo del 3 de junio de 1912 se demarcó la entonces jurisdicción de Pueblo Viejo (hoy Villa Canales). En 1921 se principio a denominar al poblado Villa Canales.

La población tiene una tasa promedio de crecimiento anual de 3,10 % proporcionada por la municipalidad y puesto de salud del municipio de Villa Canales. Según el censo realizado en el año 2015 por el Instituto Nacional de Estadística (INE) era 188 172 habitantes.⁹

1.2.2. Localización

El municipio de Villa Canales, se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud 14°28'53" y en la longitud 90°32'00". El municipio forma parte de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, en la que complementa a Villa Nueva, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y San Miguel Petapa.¹⁰

⁹ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala*. p. 7.

¹⁰ *Ibíd.* p. 5.

Figura 2. **Localización del Municipio de Villa Canales, Guatemala**



Fuente: elaboración propia.

1.2.3. **Ubicación geográfica y colindancias**

Las colindancias del municipio incluyen a: municipio de Guatemala al norte; al sur con los municipios de San Vicente Pacaya (Escuintla) y Barberena (Santa Rosa); al este con los municipios de Barberena (Santa Rosa), Santa Catarina Pinula y Fraijanes (Guatemala); y al oeste con los municipios de Guatemala, San Miguel Petapa, Amatlán (Guatemala) y San Vicente Pacaya

(Escuintla). Se encuentra a una distancia de 24 kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala.¹¹

1.2.4. Clima

La estación meteorológica más cercana es del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala, dicta lo siguiente:

- Temperatura: 21,27 °C
- Humedad real: 71,26 %
- Punto de rocío: 25,12 °C
- Radiación Global: 36,03 W/m²
- Evaporación: 0,01 mm
- Lluvia: 0 mm
- Batería: 13,01 V

Datos tomados de INSIVUMEH el 23 de abril de 2020 a las 20:40 horas.

1.2.5. Turismo

“En el municipio de Villa Canales se celebran dos ferias patronales, una se celebra 25 de marzo que conmemora el traslado Jesús de la Agonía y el 26 de julio en honor del patrono San Joaquín.”¹²

¹¹ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala*. p. 6.

¹² *Ibid.* p. 4.

1.2.6. Situación demográfica

El crecimiento demográfico del municipio de Villa Canales ha sido acelerado como sucede en casi todos los municipios del departamento, principalmente los de la región sur que son considerados municipios dormitorio. Según información del Instituto Nacional de Estadística (INE) la proyección realizada para el año 2015, muestra que en el municipio de Villa Canales habitarían 188 172 personas.

El Departamento de Planificación Urbana de la Municipalidad de Villa Canales tiene registrado que se encuentran 533 personas por metro cuadrado, ya que el crecimiento en el área urbana es notorio por las construcciones habitacionales que se han incrementado en los últimos años.¹³

1.2.7. Idioma

El idioma predominante es el español y con respecto a la población indígena, según los datos que se manejan, indican que el 2,13 % de la población es Maya, el 0,09 % es de Xinca, el 97,62 % es de Ladina y el 2,29 % es indígena.¹⁴

1.2.8. Religión

"En Villa Canales la religión en su minoría de la población es Evangélica y la mayoría es Católica."¹⁵

¹³ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala*. p. 7.

¹⁴ *Ibíd.* p.44.

¹⁵ *Ibíd.* p.44.

1.2.9. Aspectos económicos y actividades productivas

Sus actividades económicas principales son los cultivos de café, caña de azúcar y piña. Además, hay bastante industria dando muchos puestos de trabajo tales como Pegón, La Floristería, Granja Avícola Rancho K, entre otros. Este municipio es el máximo productor de piña a nivel nacional, y de primera calidad debido a las tierras fertilizadas por el volcán Pacaya y su clima adecuado a la producción.

La población a partir de los siete años de edad es considerada económicamente activa, los que se dividen entre ocupados y desocupados, y Villa Canales presenta una tasa de población económicamente activa.¹⁶

Tabla II. **Población económicamente activa de Villa Canales**

| | |
|---|---------------|
| Total de población mas de 7 años | 83,519 |
| Población economicamemnte activa | 36,740 |
| Población Ocupada | 26,472 |
| Población Desocupada | 268 |
| Tasa de Ocupacion | 99.27 |
| Tasa de Desocupacion | 0.73 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

¹⁶ Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. *Monografía del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala.* p.15.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño e implementación de una Red Geodésica de Apoyo Municipal 2 (RAM2) para el municipio de Amatitlán.

A continuación se describirá la teoría y procesos para elaborar una Red Geodésica de Apoyo Municipal de segundo orden, RAM2, la cual se diseñará para el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

2.1.1. Descripción teórica

Es una metodología que permite la apreciación del desarrollo de las redes de apoyo catastral georreferenciadas por medio de tecnología satelital, describiendo cuáles son los sistemas de referencia que se utilizan al momento de realizar las mediciones y las técnicas existentes para efectuar el geoposicionamiento.

2.1.1.1. Redes geodésicas

Una red geodésica es un conjunto de puntos distribuidos por toda la superficie de un país que están localizados en lugares señalados adecuadamente y forman una malla de triángulos los cuales determinan por medio de un proceso de cálculos su posición geográfica (longitud, latitud, elevación) con mucha precisión mediante el uso de receptores GPS, a los que denominaremos vértices geodésicos.

La importancia de una red geodésica es base para la creación de mapas topográficos, catastrales y proyectos que se realicen en dependencias gubernamentales, departamentales, municipales y empresas descentralizadas de servicios que usen el área pública para dotación de servicios, así como particulares que requieran usar el sistema de referencia geográfica.¹⁷

Las redes geodésicas pueden ser:

Redes planimétricas: Como su nombre lo indica son redes que trabajan únicamente la forma planimétrica para establecer coordenadas longitud, latitud y son primordialmente de primer y segundo orden.

Redes altimétricas: Son redes de control vertical de alta precisión de primer orden, su objetivo es establecer la coordenada de altura de la superficie y suelen ser conocidas como redes de nivelación geodésica.

Redes tridimensionales: Estas redes son definidas de manera conjunta por medio de la planimetría y altimetría.

Para iniciar la estructura geodésica de un país suelen ser clasificadas las redes de la siguiente manera: primer orden, segundo orden, y de tercer orden que por su base de números de puntos son necesarios para los trabajos topográficos.

¹⁷AGUILERA, María. *Desarrollo de una metodología de cálculo de redes geodésicas observadas mediante GPS, análisis de la influencia de los métodos de cálculo en la precisión.* p. 14.

2.1.1.2. Sistemas de referencia

Actualmente los avances experimentados por la geodesia espacial y las mediciones efectuadas por satélites artificiales han determinado coordenadas a larga distancia con un notable aumento en su precisión. En la actualidad el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) presentan problemas en la utilización debido a la falta de conocimiento de la complejidad que presentan los sistemas de coordenadas empleados en geodesia. El Datum geodésico ha tenido una influencia fundamental y está constituido por:

- Una superficie de referencia con definición geométrica exacta, generalmente un elipsoide de revolución.
- Un punto fundamental donde coinciden las verticales al geoide y al elipsoide.

En geodesia el datum es la superficie de referencia para el cálculo y determinación de coordenadas. Está constituido por dos tipos de datum que se describen a continuación:

- Datum vertical: Es la superficie de referencia que permite el cálculo de alturas. Por consiguiente, es la superficie de altura nula. Lo más habitual es que esta superficie sea el geoide y las alturas a él referidas sea alturas ortométricas.
- Datum horizontal: Es elegido en un punto en el cual las superficies del elipsoide de referencias y del geoide son tangente y de esta manera permite la determinación de la longitud y latitud.

- European Datum 1950 (ED-50)

El sistema de referencia ED-50 dispone de una red geodésica planimétrica unificada y es un sistema de referencia para Europa Occidental. La exactitud del sistema de referencia oscila entre unos escasos metros en el centro de Europa y más de 10 metros en el extremo sur con precisión relativa de unas 10 ppm.

Los países que recibieron las coordenadas en ED-50 comenzaron un análisis de las mismas para detectar posibles errores que puedan afectar a la solución. Las soluciones transitorias que se alcanzaron como ED-77 y ED-79. Posteriormente se incluyeron observaciones VLBI, SLR, mediciones doppler sobre NNSS y algunas de GPS. La solución obtenida se denominó ED-87 con una exactitud continental de esta solución era del orden de los 2 metros.¹⁸

- World Geodetic System 1984 (WGS-84)

El datum WGS-84 es un sistema de coordenadas geográficas que permite localizar cualquier punto de la tierra por medio de tres unidades dadas. WGS-84 son las siglas en inglés de World Geodetic System que significa Sistema Geodésico Mundial 1984 y fue creado en Estados Unidos por el Departamento de Defensa. El sistema Geodésico Mundial es un estándar para su uso en la cartografía, geodesia y navegación.

Cuenta con un estándar de coordenadas de la tierra, un estándar de referencia esférica como dato o elipsoide de referencia para datos de altitudes primas y una superficie equipotencial gravitacional que define el nivel del mar

¹⁸ RASTRERO, José. *Metodología de Implementación y Mantenimiento de una Red Geodésica Local*. p. 13.

nominal. El origen de coordenadas de WGS-84 es el centro de masa de la tierra, su eje Z está en la dirección del polo medio definido por el Buró Internacional de la Hora (BIH), el eje X es la intersección del meridiano origen de Greenwich y el plano del ecuador medio, el eje Y es a 90° al este del eje X.¹⁹

- IERS Terrestrial Referente Frame (ITRF)

El ITRF es el marco de referencia más preciso utilizado hoy en día. Fue establecido por el IERS son siglas en inglés de International Earth Rotation Service y quien se encarga de su mantenimiento. Para la determinación de coordenadas se emplean las siguientes técnicas:

- VLBI (Very Long Base Interferometry).
- SLR (Satellite Laser Ranging).
- LLR (Lunar Laser Ranging).
- GPS (Global Positioning System).
- DORIS (Doppler Orbitography and Radio-positioning Integrated by Satellite).

Permiten determinar las coordenadas cartesianas geocéntricas de todas las estaciones con una precisión absoluta que oscila entre $\pm 0,5$ cm y ± 2 cm. Con esta precisión es posible medir la dinámica terrestre, el movimiento de las diferentes placas tectónicas. Por lo tanto, las estaciones están repartidas sobre doce de las placas más grandes, aunque el hemisferio sur presenta una menor densidad.²⁰

¹⁹ DIVAS, José. *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral georreferenciadas por medio de tecnología de medición satelital*. p. 35.

²⁰ AGUILERA, María. *Desarrollo de una metodología de cálculo de redes geodésicas observadas mediante GPS, análisis de la influencia de los métodos de cálculo en la precisión*. p. 32.

2.1.1.3. Sistemas de coordenadas

Un sistema de coordenadas es una creación artificial para permitir la definición analítica de un objeto o de un fenómeno. Existen múltiples opciones para definir analíticamente la situación geométrica de un elemento y es posible elegir entre diferentes sistemas de coordenadas. Para seleccionar un sistema u otro es la conveniencia o bien el hecho de que una determinada cuestión aparezca en su forma más simple desde el punto de vista puramente matemático. Desde el punto de vista práctico, se eligen sistemas de coordenadas que permitan representar la cuestión objeto de estudio de una forma física y geoméricamente de ser medida. En este momento en el país se operan mucho dos sistemas de coordenadas que son: Coordenadas UTM y coordenadas GTM.

- Coordenadas UTM

La proyección UTM (Universal Transverse Mercator), es una proyección cilíndrica conforme y modificada. Utiliza cilindros como superficie auxiliar y conserva los ángulos en la proyección, pero no las distancias. Es una proyección de coordenadas muy importante debido a que en ella se publica la mayor parte de los mapas oficiales.

Este sistema de coordenadas divide el planeta en 60 zonas septentrionales y meridionales, con los cuales cada una de ellas abarca 6° de separación entre cada línea que limita la zona formando así un total de 360° , el propio meridiano central cuenta con 60 zonas y de las cuales las zona 1 Norte y 1 Sur tienen su inicio en los 180° Oeste, de la misma manera tiene límites en los 80° Sur y 84° Norte, por lo que las zonas Norte y Sur se dividen en el Ecuador.

Este sistema elimina la posibilidad de que aparezcan coordenadas negativas, el sistema de coordenadas varía los valores de coordenadas en el origen. El valor fijado al meridiano central es el falso este y otorgado al ecuador es el falso norte. Una zona norte tiene un falso norte cero, para el falso este de 500 000 metros y mientras que una zona sur posee un falso norte de 10 000 000 metros.²¹

- Coordenadas GTM

Este sistema por sus siglas significa Guatemala Transversa Mercator, fue creado para Guatemala en una única zona, para resolver el problema que existe al utilizar la proyección UTM que consistía en obtener los datos en las zonas 15 y 16. Este sistema fue elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con las siguientes características:

- PROYECCIÓN: Transversa de Mercator (tipo Gauss Kruger) en una zona única local.
- ESFEROIDE: WGS84.
- LONGITUD DE ORIGEN: $-90^{\circ}30'$ (meridiano central de la proyección).
- LATITUD DE ORIGEN: 0° (el Ecuador).
- UNIDADES: Metros.
- FALSO NORTE: 0 metros.
- FALSO ESTE: 500 000 metros en el meridiano central.
- FACTOR DE ESCALA EN EL MERIDIANO CENTRAL: 0,9998.

²¹ DIVAS, José. *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral georreferenciadas por medio de tecnología de medición satelital*. p. 29.

- NUMERACIÓN DE LAS ZONAS: No está dentro de la numeración normal de zonas UTM. Se le llama zona 15,5.
- LÍMITES DE LATITUD DEL SISTEMA: No es aplicable en el Territorio Nacional.
- LÍMITES DE LAS ZONAS: No es aplicable en el Territorio Nacional.
- NUEVO SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO: WGS84 aumentado, basado en ITRF94 época 1997.

Parámetros del elipsoide:

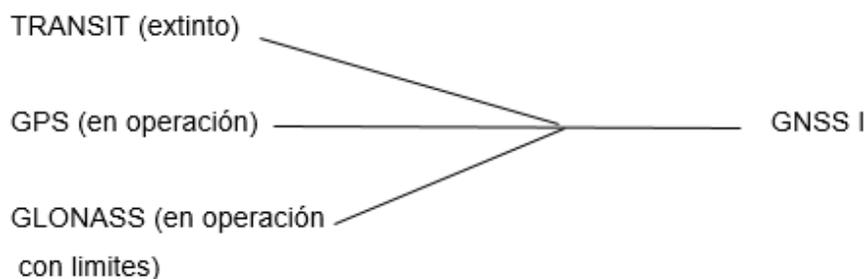
- Semieje mayor 6 378 137,0 metros.
- Semieje menor 6 356 752,3142.
- $1/f = 29,25722363$.²²

2.1.1.4. Generalidades sobre la medición con tecnología satelital

En 1967 la Marina de EEUU inicia operaciones del sistema TRANSIT con una constelación de satélites militares para ayuda de la navegación. Entre 1980 y 1990 se utilizó el sistema TRANSIT para uso civil como la geodesia y en el transcurso de la década se obtiene implementar y medir redes geodésicas globales debido a la forma establecida ya no se necesita intervisibilidad. La sustitución del sistema TRANSIT se empieza a finales de la década de 1970 y 1980 por Global Positioning System (GPS) y significa Sistema de Posicionamiento Global que busca superar las limitaciones militares del sistema TRANSIT.

²² Registro de Información Catastral. *Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC*. p. 9.

Al mismo tiempo la Unión Soviética desarrollo su propio sistema de navegación satelital equivalente y muy similar en exactitud y funcionamiento al sistema GPS, el cual fue llamado en inglés GLONASS. De esta manera se desarrolló la primera generación de navegación por satélite se le denomina GNSS I.²³



La generación GNSS I tuvo éxito por su utilidad como por rentabilidad en negocios, pero debido que algunas funciones estaban restringidas para usos civiles, la presión para algunas aplicaciones es baja y provocación de conflictos por la naturaleza militar. Las diversas industrias como la ingeniería, aeronáutica, navegación marítima, automovilística, energía y minerales, organismos internacionales, bloque geopolítico-económicos como la Unión Europea se vieron en la necesidad de construir una segunda generación de navegación por satélite que se llama GNSS II que lograra mejor precisión en posicionamiento y navegación en tiempo real, menor tiempo de ocupación, equipos más baratos.²⁴

²³ ARÉVALO, Jorge. *Diseño de la línea pelo a tierra o preliminar de caminos y carreteras a partir de la información de fotografías aéreas aplicando fotogrametría.* p. 30.

²⁴ *Ibíd.* p. 30.

- Señal de radio GPS

La señal constituye el elemento primordial para las mediciones de distancias satélite-receptor. Los satélites transmiten los datos por dos frecuencias que se conocen como L1 y L2, constituye una de las ventajas de usar un receptor de frecuencia dual debido a que podemos eliminar los errores que son producidos por la ionosfera en solo unos minutos. Los receptores de una sola frecuencia pueden resolver los errores originados por la ionosfera en tiempo real, pero muchas veces le toma mucho tiempo realizarlo.²⁵

- La dilución de precisión (DOP)

El parámetro DOP por sus siglas en inglés Dilution of Precision es un parámetro que da información sobre la calidad de la figura formada por el receptor y los satélites contribuyendo a la incertidumbre del posicionamiento. El DOP puede situarse entre 7 a 5 pero debido a que tan desfavorable este la geometría y para la determinación del error final del posicionamiento y su mejor valor es 1.²⁶

Los DOP empleados para el posicionamiento son:



²⁵ ARÉVALO, Jorge. *Diseño de la línea pelo a tierra o preliminar de caminos y carreteras a partir de la información de fotografías aéreas aplicando fotogrametría*. p. 34.

²⁶ *Ibíd.* p. 36-37.

- PDOP: posición en general.
 - GDOP: posición y estado del reloj.
 - HDOP: posición horizontal.
 - VDOP: posición vertical.
 - TDOP: estado de reloj.
- Tiempos y relojes GPS

EL origen del tiempo GPS se produjo como coincidencia con el Tiempo Universal Coordinado (UTC) a las 0 horas del 6 de enero de 1980. Los receptores comerciales no pueden tener un reloj atómico adentro ya que su precio es muy costoso y para solucionar este problema se instaló un reloj de cuarzo.²⁷

- La dilución de precisión (DOP)

“El método dinámico es utilizado en navegación y cartografía por medio de una antena que se mueve más lejos de la precisión del sistema proporcionando coordenadas que varían con el tiempo.”²⁸

El método cinemático es usado para el interés de una sola trayectoria y al modo de stop and go cinemático para esta trayectoria larga solo algunos puntos son de interés y la antena no se mueve más de lo debido en la presión del sistema.

Por último, está el método en tiempo real también conocido como RTK, el cual relega el procesamiento de los datos al momento de la obtención de los

²⁷ ARÉVALO, Jorge. *Diseño de la línea pelo a tierra o preliminar de caminos y carreteras a partir de la información de fotografías aéreas aplicando fotogrametría*. p. 37.

²⁸ *Ibíd.* p. 36.

datos, eliminando la necesidad del postproceso ya que proporciona datos de calidad en las mediciones en campo mientras se está tomando medidas.²⁹

- Fuentes de error en las observaciones GPS

Los errores sistemáticos en las observaciones GPS pueden originarse de acuerdo a las causas siguientes:

En los satélites se produce información deficiente de las efemérides transmitidas o posibles irregularidades en el estado y marcha de sus relojes. En los receptores que constituyen la propagación de errores por los retardos ionosférico y troposférico y también la ambigüedad en el conteo de ciclos de la señal emitida por el satélite.³⁰

- Los errores en alturas GPS

Un problema muy importante en las observaciones GPS es el error al medir alturas y diferencias de alturas elipsoides es de 2 a 5 veces mayor en relación a de las coordenadas planas. Existen varios factores que determinan este fenómeno que se puede mencionar: la asimetría en la geometría de los satélites que solo están arriba y no “abajo” de la antena del receptor.³¹

- Factores que determinan la exactitud en GPS

PDOP: Es un indicador de la geometría de la constelación de satélites observados en un lugar y mientras más bajo sea es mejor. Cuando excede el

²⁹ *Ibíd.* p. 38.

³⁰ ARÉVALO, Jorge. *Diseño de la línea pelo a tierra o preliminar de caminos y carreteras a partir de la información de fotografías aéreas aplicando fotogrametría.* p. 40.

³¹ *Ibíd.* p. 40.

límite debe configurarse el receptor o colector de datos para que detenga la medición.

Números de satélites: Para el posicionamiento en 3D se necesitan por lo mínimo 4 satélites y mientras hay más satélites la exactitud será mejor, por ejemplo, de 6 satélites en adelante es muy bueno y entre 9 a 11 es excelente.

Ocupación: Es el tiempo que dura una sesión de medición y puede durar desde unos segundos hasta varias horas. La prolongación innecesaria de la ocupación no necesariamente contribuye a obtener mejor exactitud debido a que debe tomarse en cuenta el factor económico, suministro de energía y capacidad de memoria de los dispositivos.

Línea base: Esta será menor en la medida en que en la región de interés existan redes geodésicas o de apoyo catastral convenientemente densificadas, que se aproximen al lugar o zona de medición.

Mascara de elevación: Es una barrera angular vertical que se sitúa para que los satélites debajo de la misma no se toman en cuenta, ya que están más afectados por efectos de la ionosfera y la troposfera. La máscara de elevación varía según cada fabricante, para Rover se puede situar entre 12° a 15° y para bases en 10° a 12°.

SNR: por sus siglas en inglés Signal Noise to Ratio es un parámetro que indica la relación de la señal con el ruido ambiental que hubo durante la sesión. Situarlo como lo indica el fabricante que puede variar entre 4 y 6.³²

³² ARÉVALO, Jorge. *Diseño de la línea pelo a tierra o preliminar de caminos y carreteras a partir de la información de fotografías aéreas aplicando fotogrametría*. p. 41-42.

2.1.2. Diseño geométrico de la red geodésica

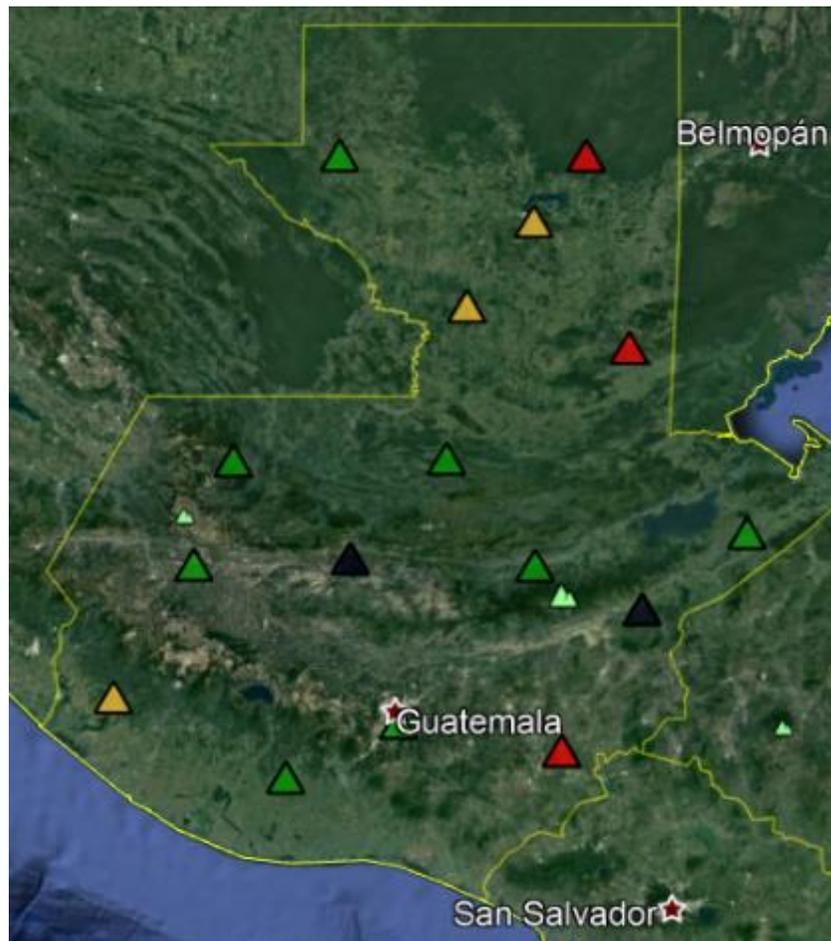
El manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC implementa requerimientos para la creación de una Red Geodésica de Apoyo de Segundo Orden, el cual indica que para el establecimiento de la Red Geodésica de Apoyo de Segundo Orden el marco de referencia tiene que ser la Red Geodésica de Apoyo de Primer Orden, por lo tanto, al igual que en el diseño de cualquier red geodésica se tiene que definir como mínimo dos puntos con coordenadas conocidas de una red de orden superior.

En Guatemala los vértices de la Red Geodésica de Apoyo de Primer Orden son conocidos como Red de Apoyo Catastral de Primer Orden (RAC 1) y comúnmente llamados CORS, es una red geodésica de estaciones de referencia de operación continua que significa por sus siglas en inglés Continuously Operating Reference Station. Una CORS se compone básicamente de un receptor GPS estático que se posiciona de manera permanente en una localidad geográfica conocida, recolecta datos las 24 horas del día y 7 días a la semana. Estos datos son transmitidos por medio de una red de computadoras hacia un servidor central, en donde estos son almacenados para su uso posterior.

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) encargado de la administración de la red CORS indica que en Guatemala se compone actualmente de 17 estaciones repartidas sobre todo el territorio nacional. Estas estaciones se encuentran ubicadas en puntos estratégicos del país como se muestra en la figura 3. El funcionamiento de las Estaciones de Referencia de Operación Continua (CORS) permite realizar levantamientos catastrales de manera rápida y eficiente en toda la República de Guatemala, relacionándolos a través una conversión sencilla al Sistema de Referencia Nacional. La información que

suministran estas estaciones está disponible para cualquier ciudadano en la dirección de internet es www.ngs.noaa.gov.³³

Figura 3. **Ubicación de Estaciones de Referencia de Operación Continua (CORS) en Guatemala**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

³³ DIVAS, José. *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral georreferenciadas por medio de tecnología de medición satelital*. p. 59-61.

2.1.2.1. Criterios de diseño

Para la creación de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden para el municipio de Amatlán se utilizó los requisitos del normativo del Manual de Normas y Procedimientos Catastrales del RIC de acuerdo a los tres niveles:

- RAC 1: Redes de Apoyo Catastral de Primer Orden establecidas por el Registro de Información Catastral y referenciadas a la Red Geodésica Nacional. Las mismas tendrán una distancia entre sí de 7 a 15 kilómetros y una precisión de 5 mm + 1 ppm.
- RAC 2: Redes de Apoyo Catastral de Segundo Orden establecidas por el Registro de Información Catastral y referenciadas a la RAC 1. Las mismas tendrán una distancia entre sí de 0,5 a 7 kilómetros y una precisión de 10 mm + 2 ppm.
- RAC 3: Redes de Apoyo Catastral de Tercer Orden y referenciadas a la RAC 2, materializadas en el campo como poligonales de apoyo para el levantamiento de áreas urbanas y centros poblados. La tolerancia de cierre está en relación a la longitud, y por lo tanto los valores estarán definidos por esa misma longitud.

2.1.2.2. Selección del sitio

Para la colocación de vértices de una red geodésica es necesario elegir los sitios dependiendo de la necesidad de densificación del proyecto. Se tendrán que tomar en cuenta las especificaciones del Manual de Normas y Procedimientos Catastrales del RIC, las cuales son los siguientes:

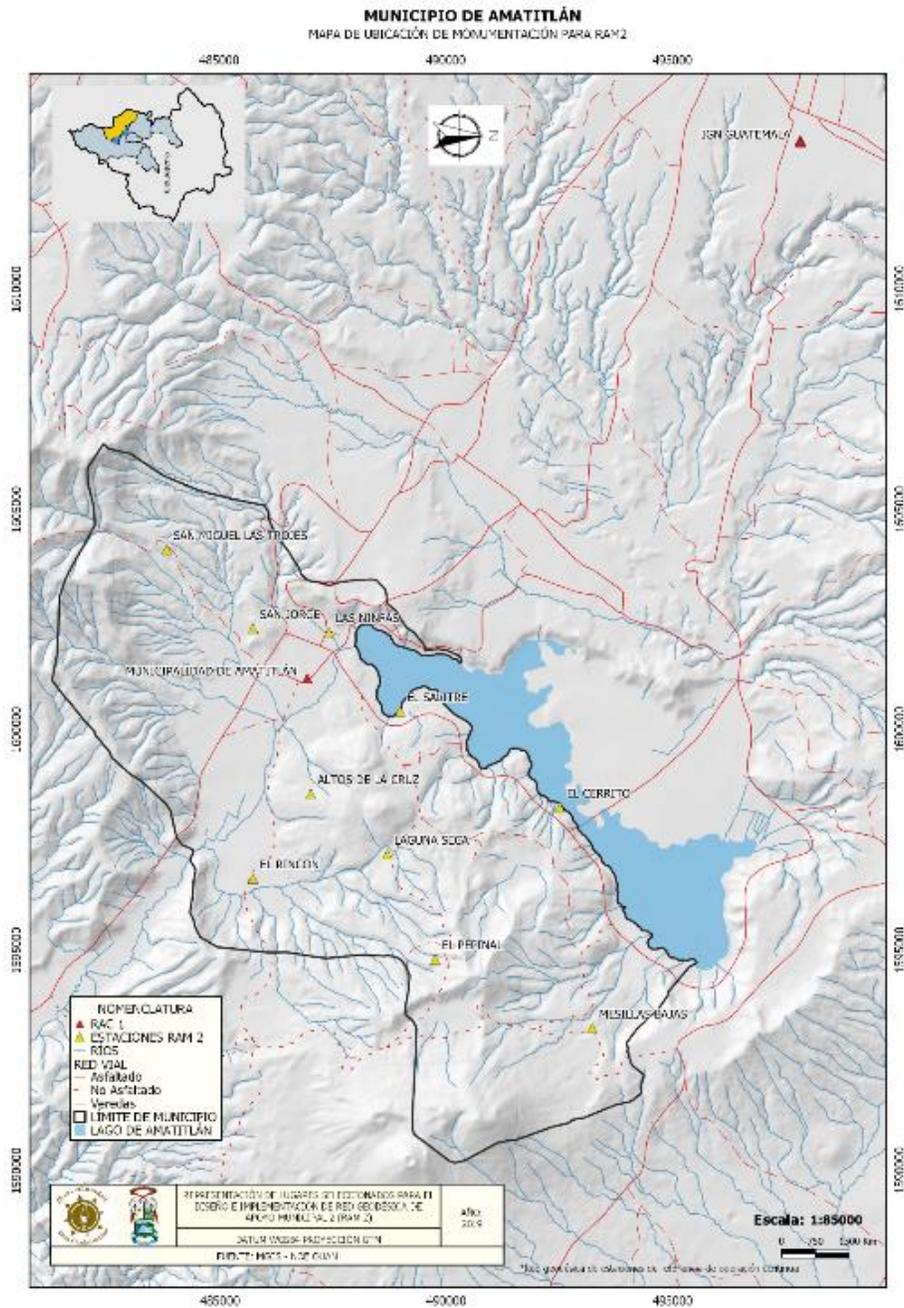
- Cielo despejado sobre los 10° desde el horizonte.

- Evitar la existencia de superficies reflejantes a menos de 50 metros de la estación tales como espejo de agua, techos planos metálicos o cubiertos de materiales reflectantes, entre otros.
- Evitar estructuras metálicas, líneas de transmisión de energía o antenas de equipos de comunicación.
- El suelo donde se materialice el punto debe ser estable, libre de erosión y deslizamientos de manera que garantice la rigidez del monumento.
- No deberá estar en cruce de vías o lugares de intenso tráfico automotor.
- Libre de vegetación que dificulte encontrar el punto a los usuarios.
- De preferencia que sean lugares públicos y seguros.
- Evitar puntos en edificios, tanque de agua, puentes, entre otros.
- Al finalizar esta etapa se deberá elaborar un croquis de ubicación del punto, indicando las obstrucciones si en caso las hubiere.
- La intervisibilidad debe ser entre por lo menos dos puntos de esta red.

La elección de los sitios se hizo por medio de una ortofoto reciente y conforme las especificaciones que da el normativo del RIC verificando que cumpla la distancia entre vértices, comprobando la fácil accesibilidad a los lugares poblados donde estará ubicado el lugar, seguridad, examinando que no exista construcciones, vegetación, líneas de transmisión de energía, entre otros. En la figura 4 se muestra los lugares seleccionados y los vértices de la Red de Apoyo Catastral de Primer Orden utilizados como marco de referencia para el establecimiento de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden para el municipio de Amatlán.³⁴

³⁴ DIVAS, José. *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral georreferenciadas por medio de tecnología de medición satelital*. p. 63.

Figura 4. **Ubicación de lugares seleccionados para el diseño de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2)**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa QGIS.

2.1.2.3. Codificación de la Red Geodésica

La codificación de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden para el municipio de Amatitlán fue creada en base a los requerimientos de la Guía para el Diseño, Monumentación y Geoposicionamiento del RIC, menciona los códigos de identificación para las Redes de Apoyo, serán definidos en base a su orden, el lugar donde se ubican y el número correlativo que les corresponda, quedando el código definido de esta manera:

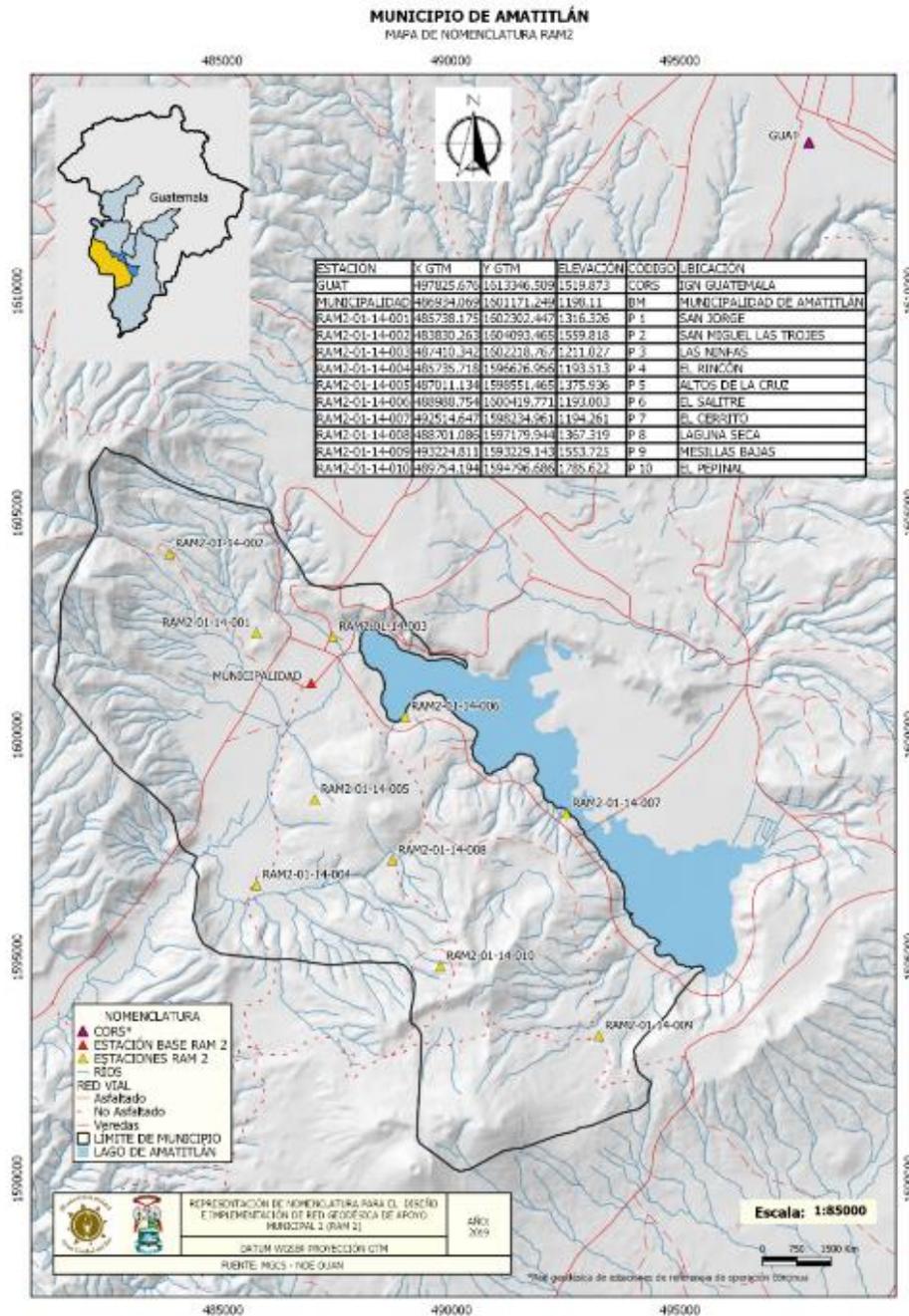


Donde:

- a= En este espacio se especifica el orden de la red a la que pertenece el punto.
- b= En estos espacios se especificará el código del departamento donde se ubica el punto y será asignado según la codificación aprobada por el Registro de Información Catastral.
- c= En estos espacios se especificará el código del municipio donde se ubica el punto y será asignado según la codificación aprobada por el Registro de Información Catastral.
- d= En estos espacios se colocará el correlativo correspondiente al punto dentro del departamento y municipio. Estos espacios deberán llenarse con ceros si la numeración correspondiente al punto por ejemplo fuera el número uno (001).

A continuación, se muestra el mapa que contiene la nomenclatura de los diferentes vértices seleccionados de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden para el municipio de Amatitlán.

Figura 5. Nomenclatura de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2)



Fuente: elaboración propia, empleando el programa QGIS.

2.1.2.4. Diseño geométrico de líneas base y líneas de amarre.

Habiendo realizado la ubicación y la codificación de los vértices como siguiente paso corresponde la unión de los vértices por medio de líneas base para dibujar la triangulación de las redes. Después de realizar las líneas base se procede a verificar la configuración de los triángulos para determinar los cambios que puedan surgir en la ubicación de los vértices, asimismo comprobar que los triángulos sean parecidos a un triángulo equilátero y si es necesario hacer modificaciones de tal manera que se asemejen lo más posible a un triángulo equilátero.

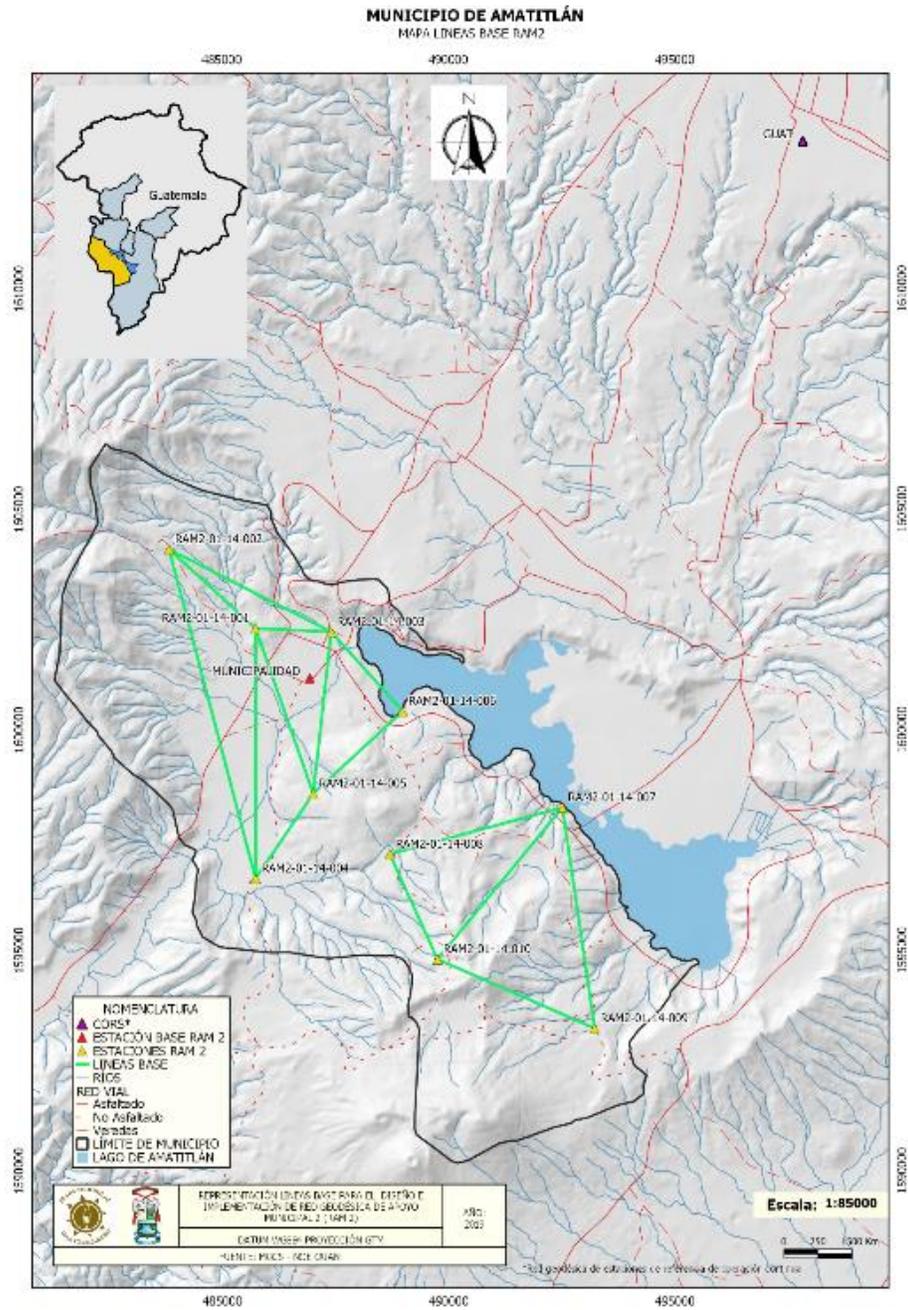
Para continuar con el diseño geométrico de la red es indispensable examinar las líneas que sirven de amarre para la RAM2 y que nacen de la RAC1. Por lo tanto, el manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC indica que para el establecimiento de una Red de Apoyo de Segundo Orden el marco de referencia tiene que ser la Red de Apoyo Catastral de Primer Orden (RAC1) y que se necesita como mínimo dos puntos con coordenadas conocidas de una red de orden superior.

Esto quiere decir que se necesitan por lo menos 2 líneas de amarre por cada vértice de la RAC1 para mantener la triangulación en el diseño y es por esto que cada Red de Segundo Orden debe tener por lo menos 4 líneas de amarre. Los dos vértices de la RAC1 utilizados fueron: CORS de Guatemala (ver anexo 1) y la estación base ubicada en la municipalidad de Amatitlán (ver anexo 2).³⁵

³⁵ DIVAS, José. *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral georreferenciadas por medio de tecnología de medición satelital.* p.69.

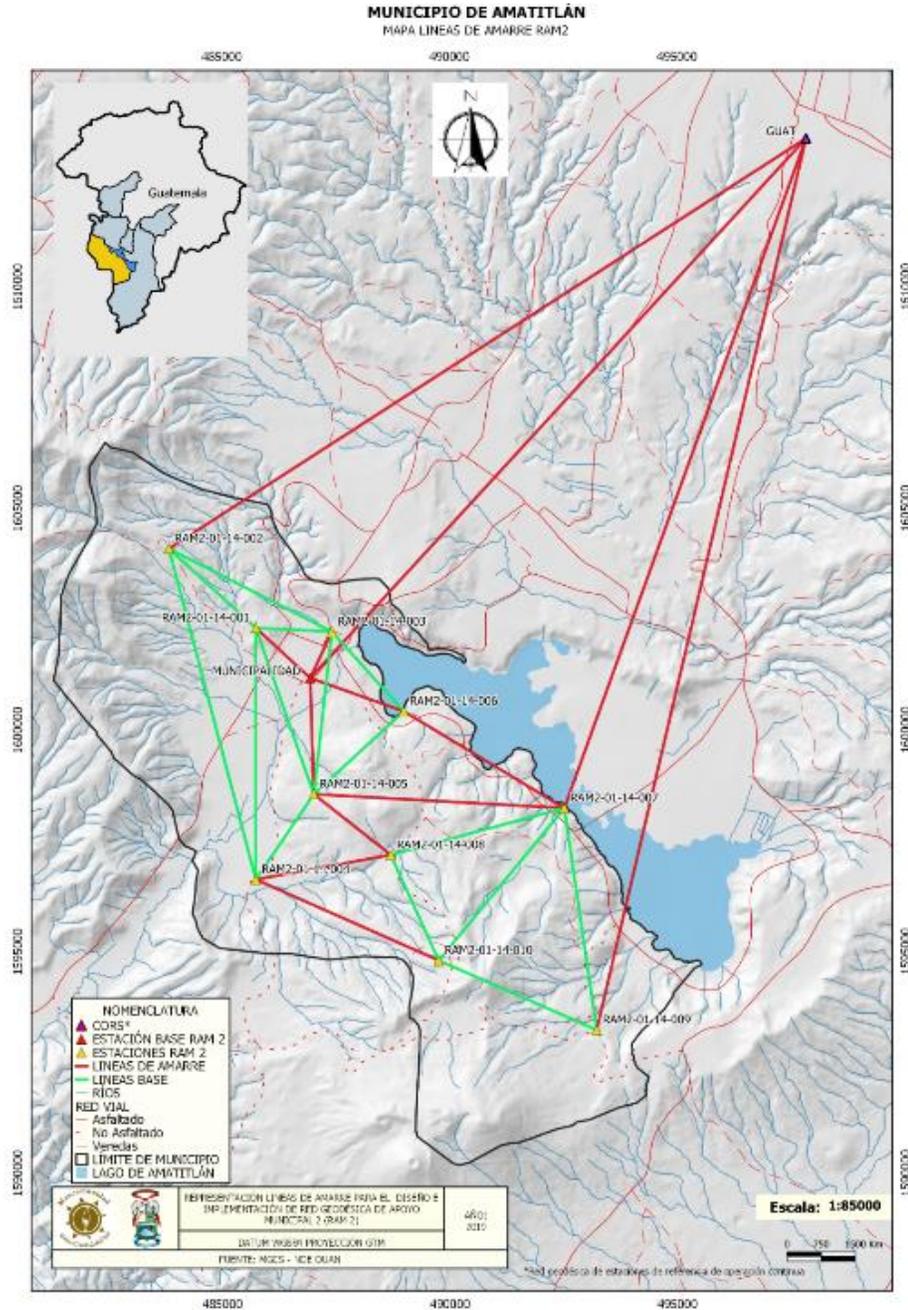
Seguidamente se exponen dos mapas, el primero contiene las líneas base entre los vértices de las redes, en donde se puede observar la geometría y la triangulación del diseño de los lugares elegidos. En el segundo mapa se pueden notar las líneas de amarre entre RAC1 Y RAM2, se aprecia que cada Red de Segundo Orden es amarrada por lo mínimo con dos vértices de la red superior como indica el manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC.

Figura 6. Líneas base de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2)



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

Figura 7. Líneas de amarre entre la RAC1 y la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2)



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

2.1.3. Monumentación y geoposicionamiento

La monumentación es la materialización física de las redes de apoyo catastral de primer y segundo orden, se realizan anterior a su geoposicionamiento.

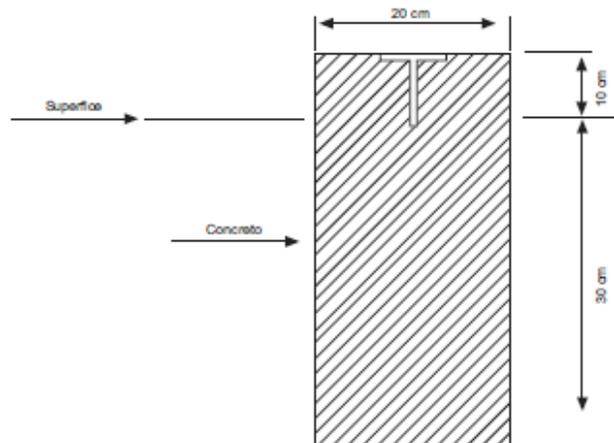
2.1.3.1. Monumentación

La monumentación de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2) está formada por una base de concreto con una proporción de una parte de cemento por dos de arena y dos de piedrín (1:2:2), para tener una resistencia de 217 kg/cm^2 y con una sección de 20 cm de diámetro y tiene una altura de 40 cm de los cuales solamente sobresalen 10 cm de la superficie del suelo.

El manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del Registro de Información Catastral señala que dicho monumento de estar identificado con una ficha de bronce de 7 cm de diámetro con pin de 10 cm de longitud, que contenga la siguiente información: Código del punto, fecha del geoposicionamiento y nombre del RIC y la definición de una marca central.

En la Oficina Municipal de Desarrollo Urbano y Territorial de la municipalidad de Amatitlán se tomó la decisión de colocar un pin de acero de $\frac{1}{4}$ " de 15 cm de longitud para definir la marca central en cada monumento debido a la inseguridad que impera en el municipio ya que la mayoría de los monumentos están expuestos en lugares públicos donde pueden ser destruidos con tal de sustraer la ficha de bronce para ser comercializada, por este motivo se decidió no colocar la ficha de bronce.

Figura 8. **Monumento RAM2**



Fuente: RIC. *Manual de normas técnicas y procedimientos catastrales.*

Figura 9. **Detalle de vértice de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM 2)**



Fuente: aldea Laguna Seca, Amatitlán, Guatemala.

2.1.3.2. Geoposicionamiento

El manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC define como geoposicionamiento al método por el cual se determinan las coordenadas geográficas, planas o cartesianas de un punto, producidas por un receptor con sistema de posicionamiento global (GPS) en modo individual y su procesamiento, ajuste e incorporación a las bases de datos generales. El geoposicionamiento contempla las actividades de campo para determinar las coordenadas GTM (Guatemala Transversa de Mercator) de las mismas, su procesamiento ajuste e incorporación a las bases de datos catastrales. Los parámetros de observación para el geoposicionamiento de la RAM2 son los siguientes:

- **Receptores:** Se pueden utilizar receptores de doble frecuencia y de una frecuencia.
- **Método de levantamiento:** Para la medición de la RAM2 se utilizará el método de levantamiento Estático Rápido.
- **Duración de la sesión:** La misma tendrá una duración de por lo menos 45 minutos.
- **Altura de la antena:** Se deberán anotar dos alturas de antena al principio de la medición y deberá especificarse en la boleta de GPS a que parte de la antena fue tomada, asimismo se tomarán dos alturas al término de la sesión y sacar un promedio de ellas.
- **Máscara de elevación:** No deberá sobrepasar los 15° de elevación para no afectar el PDOP por la geometría de los satélites, ni deberá estar por debajo de los 10° para evitar el multipath (retraso de la señal por desvío en superficies reflejantes).
- **Intervalo de observación:** El intervalo de observación deberá ser de 15 segundos.

- Boleta GPS: Se deberá llenar una boleta por punto y por sesión donde se llenarán todos los datos que en ella se piden (ver anexo 3).

En la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2) para el geoposicionamiento de la misma, se usó cuatro receptores Trimble R8S de doble frecuencia, empleando el método de levantamiento Estático Rápido, la duración que se le dio a cada receptor fue de 6 horas con 10 minutos por recomendación del personal de la Oficina Municipal de Desarrollo Urbano y Territorial de la municipalidad de Amatitlán para tener una buena precisión, la altura tomada en la antena fue al centro del tope protector y asimismo se obtuvo el promedio de las alturas tomada al inicio y final de cada sesión, la máscara de elevación usada fue de 10° y el intervalo de observación fue de 15 segundos.

Figura 10. **Ejemplo de observación GPS en el vértice de la RAM2**

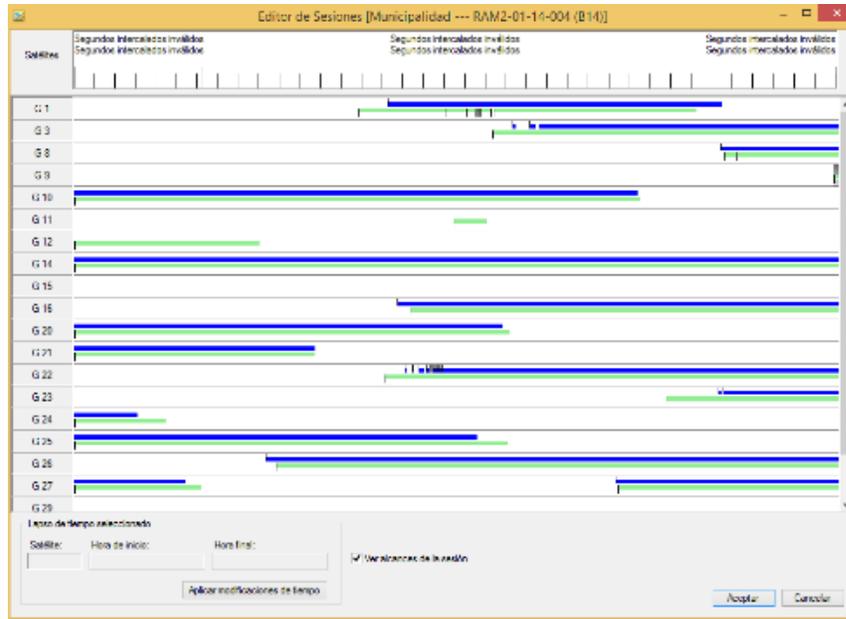


Fuente: aldea San Jorge, Amatitlán, Guatemala.

2.1.4. Postproceso

El Postproceso de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2) se ha realizado con el software Trimble Business Center y versión 4,10, para depurar la información errónea que transmitieron los satélites y así lograr cumplir con las tolerancias permitidas por el manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC. En la figura 11 se muestra las señales transmitidas por los satélites y seguidamente en la figura 12 se muestra la forma de depurar los periodos de mala señal de los satélites que consiste solamente en seleccionar dichas partes y automáticamente el programa ya no toma en cuenta esos periodos para el Geoposicionamiento.³⁶

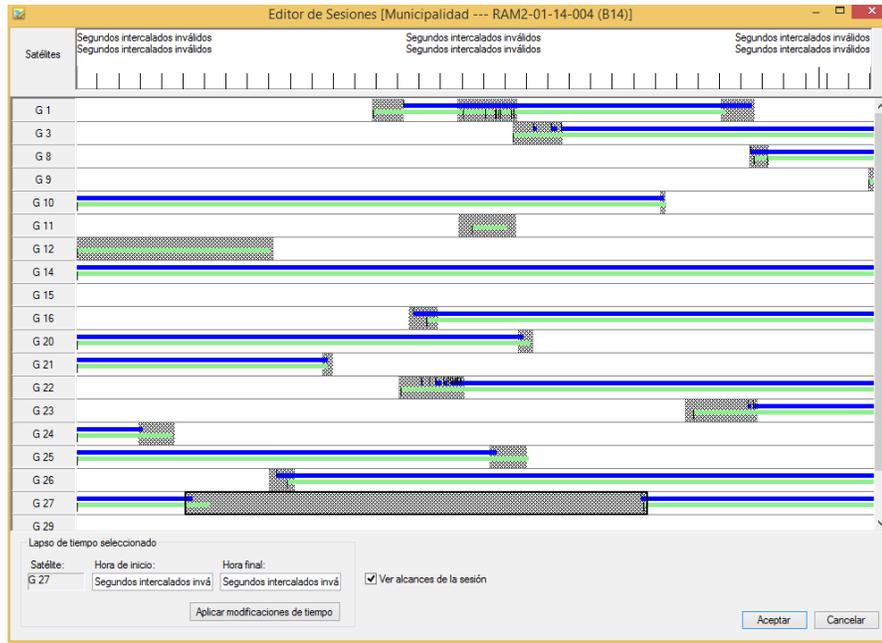
Figura 11. Información de satélites sin depurar



Fuente: elaboración propia, empleando el software Trimble Business Center licenciado.

³⁶ DIVAS, José. *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral georreferenciadas por medio de tecnología de medición satelital*. p. 76.

Figura 12. Información de satélites depurada



Fuente: elaboración propia, empleando el software Trimble Business Center licenciado.

A continuación, se muestra la tabla III con la lista de los vectores de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2) para el municipio de Amatitlán, Guatemala. Por medio de esta lista se analizaron los vectores para observar la calidad de la línea dependiendo de la precisión con la cual se alcanzó.

Tabla III. Lista de vectores de la RAM2 de Amatitlán, Guatemala

| Observación | De | A | Tipo de solución | Prec. H. (Metro) | Prec. V. (Metro) | Aci. geod. | Dist. elip (Metro) | ΔAltura (Metro) |
|---|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------|--------------------|-----------------|
| RAM2-01-14-006 --- RAM2-01-14-008 (B27) | RAM2-01-14-006 | RAM2-01-14-008 | Fija | 0.005 | 0.029 | 185°02'55" | 3253.204 | 174.328 |
| RAM2-01-14-006 --- RAM2-01-14-002 (B21) | RAM2-01-14-006 | RAM2-01-14-002 | Fija | 0.006 | 0.049 | 305°25'54" | 6334.174 | 366.798 |
| RAM2-01-14-010 --- RAM2-01-14-007 (B18) | RAM2-01-14-010 | RAM2-01-14-007 | Fija | 0.007 | 0.049 | 38°44'10" | 4410.159 | -591.350 |
| RAM2-01-14-009 --- RAM2-01-14-010 (B17) | RAM2-01-14-009 | RAM2-01-14-010 | Fija | 0.004 | 0.037 | 294°17'29" | 3808.948 | 231.902 |
| RAM2-01-14-009 --- RAM2-01-14-007 (B8) | RAM2-01-14-009 | RAM2-01-14-007 | Fija | 0.005 | 0.050 | 351°54'36" | 5056.941 | -359.462 |
| RAM2-01-14-005 --- RAM2-01-14-008 (B15) | RAM2-01-14-005 | RAM2-01-14-008 | Fija | 0.003 | 0.016 | 129°01'55" | 2176.889 | -8.588 |
| RAM2-01-14-005 --- RAM2-01-14-004 (B12) | RAM2-01-14-005 | RAM2-01-14-004 | Fija | 0.004 | 0.024 | 213°30'12" | 2309.221 | -182.422 |
| RAM2-01-14-005 --- RAM2-01-14-006 (B28) | RAM2-01-14-005 | RAM2-01-14-006 | Fija | 0.008 | 0.049 | 46°35'53" | 2721.110 | -182.917 |
| RAM2-01-14-003 --- RAM2-01-14-001 (B25) | RAM2-01-14-003 | RAM2-01-14-001 | Fija | 0.004 | 0.032 | 272°50'09" | 1674.585 | 105.295 |
| RAM2-01-14-003 --- RAM2-01-14-005 (B24) | RAM2-01-14-003 | RAM2-01-14-005 | Fija | 0.005 | 0.038 | 186°11'01" | 3689.687 | 164.909 |
| RAM2-01-14-004 --- RAM2-01-14-001 (B13) | RAM2-01-14-004 | RAM2-01-14-001 | Fija | 0.005 | 0.034 | 359°59'31" | 5676.599 | 122.815 |
| GUAT --- RAM2-01-14-008 (B44) | GUAT | RAM2-01-14-008 | Fija | 0.006 | 0.031 | 209°26'10" | 18567.487 | -152.504 |
| RAM2-01-14-008 --- RAM2-01-14-007 (B4) | RAM2-01-14-008 | RAM2-01-14-007 | Fija | 0.006 | 0.037 | 74°30'36" | 3957.586 | -173.057 |

Continuación de la tabla III.

| | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|------|-------|-------|------------|-----------|---------|
| RAM2-01-14-008 --- RAM2-01-14-010 (B19) | RAM2-01-14- 008 | RAM2-01-14- 010 | Fija | 0.003 | 0.017 | 156°08'04" | 2606.073 | 418.302 |
| RAM2-01-14-009 --- RAM2-01-14-008 (B9) | RAM2-01-14- 008 | RAM2-01-14- 009 | Fija | 0.004 | 0.036 | 131°06'23" | 6007.254 | 186.410 |
| Municipalidad --- RAM2-01-14-001 (B2) | Municipalidad | RAM2-01-14- 001 | Fija | 0.002 | 0.010 | 313°22'39" | 1646.461 | 118.215 |
| Municipalidad --- RAM2-01-14-005 (B3) | Municipalidad | RAM2-01-14- 005 | Fija | 0.002 | 0.009 | 178°17'05" | 2621.428 | 177.837 |
| Municipalidad --- RAM2-01-14-003 (B26) | Municipalidad | RAM2-01-14- 003 | Fija | 0.006 | 0.042 | 24°25'10" | 1150.932 | 12.911 |
| Municipalidad --- RAM2-01-14-004 (B14) | Municipalidad | RAM2-01-14- 004 | Fija | 0.005 | 0.032 | 194°44'34" | 4700.560 | -4.597 |
| Municipalidad --- RAM2-01-14-002 (B22) | Municipalidad | RAM2-01-14- 002 | Fija | 0.006 | 0.043 | 313°14'38" | 4263.806 | 361.720 |
| GUAT --- Municipalidad (B37) | Municipalidad | GUAT | Fija | 0.003 | 0.016 | 41°47'05" | 16339.193 | 321.741 |
| GUAT --- Municipalidad (B42) | Municipalidad | GUAT | Fija | 0.003 | 0.015 | 41°47'05" | 16339.191 | 321.737 |
| GUAT --- Municipalidad (B46) | Municipalidad | GUAT | Fija | 0.003 | 0.015 | 41°47'05" | 16339.193 | 321.765 |
| Municipalidad --- RAM2-01-14-008 (B1) | Municipalidad | RAM2-01-14- 008 | Fija | 0.001 | 0.008 | 156°05'25" | 4365.821 | 169.194 |
| Municipalidad --- RAM2-01-14-007 (B5) | Municipalidad | RAM2-01-14- 007 | Fija | 0.006 | 0.041 | 117°43'18" | 6307.160 | -3.858 |

Fuente: elaboración propia, empleando el software Trimble Business Center licenciado.

Por último, se obtienen las coordenadas GTM y Geográficas de la Red Geodésica de Apoyo Municipal de Segundo Orden (RAM2) para el municipio de Amatitlán verificando que los resultados de los vértices cumplen con la presión de 10 mm + 2 ppm que indica el manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC. En las siguientes tablas se enseñan los dos tipos de coordenadas.

Tabla IV. Coordenadas GTM de la RAM2 de Amatitlán, Guatemala

| ID | Este (Metro) | Norte (Metro) | Elevación (Metro) | Código de característica |
|----------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| GUAT | 497825.676 | 1613346.509 | 1519.873 | CORS |
| Municipalidad | 486934.069 | 1601171.249 | 1198.110 | BM |
| RAM2-01-14-001 | 485738.175 | 1602302.447 | 1316.326 | P 1 |
| RAM2-01-14-002 | 483830.263 | 1604093.465 | 1559.818 | P 2 |
| RAM2-01-14-003 | 487410.342 | 1602218.767 | 1211.027 | P 3 |
| RAM2-01-14-004 | 485735.718 | 1596626.956 | 1193.513 | P 4 |
| RAM2-01-14-005 | 487011.134 | 1598551.465 | 1375.936 | P 5 |
| RAM2-01-14-006 | 488988.754 | 1600419.771 | 1193.003 | P 6 |
| RAM2-01-14-007 | 492514.647 | 1598234.961 | 1194.261 | P 7 |
| RAM2-01-14-008 | 488701.086 | 1597179.944 | 1367.319 | P 8 |
| RAM2-01-14-009 | 493224.811 | 1593229.143 | 1553.725 | P 9 |
| RAM2-01-14-010 | 489754.194 | 1594796.686 | 1785.622 | P 10 |

Fuente: elaboración propia, empleando el software Trimble Business Center licenciado.

Tabla V. Coordenadas geográficas de la RAM2 de Amatitlán, Guatemala

| ID | Latitud | Longitud | Elevación (Metro) | Código de característica |
|----------------|------------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| GUAT | N14°35'25.45482" | O90°31'12.65848" | 1519.873 | CORS |
| Municipalidad | N14°28'49.12336" | O90°37'16.40245" | 1198.110 | BM |
| RAM2-01-14-001 | N14°29'25.91470" | O90°37'56.36707" | 1316.326 | P 1 |
| RAM2-01-14-002 | N14°30'24.16187" | O90°39'00.13339" | 1559.818 | P 2 |
| RAM2-01-14-003 | N14°29'23.22108" | O90°37'00.51279" | 1211.027 | P 3 |
| RAM2-01-14-004 | N14°26'21.21531" | O90°37'56.33979" | 1193.513 | P 4 |
| RAM2-01-14-005 | N14°27'23.86816" | O90°37'13.78247" | 1375.936 | P 5 |
| RAM2-01-14-006 | N14°28'24.70034" | O90°36'07.76480" | 1193.003 | P 6 |
| RAM2-01-14-007 | N14°27'13.64217" | O90°34'09.98144" | 1194.261 | P 7 |
| RAM2-01-14-008 | N14°26'39.26123" | O90°36'17.32320" | 1367.319 | P 8 |
| RAM2-01-14-009 | N14°24'30.74204" | O90°33'46.21906" | 1553.725 | P 9 |
| RAM2-01-14-010 | N14°25'21.71668" | O90°35'42.12216" | 1785.622 | P 10 |

Fuente: elaboración propia, empleando el software Trimble Business Center licenciado.

2.1.5. Aplicaciones geodésicas

Esta red geodésica de orden inferior o red de apoyo municipal va hacer de gran beneficio para el municipio de Amatitlán debido a que será de base para el establecimiento de una red de apoyo catastral de tercer orden que finalmente será la que se utilice para georreferenciar todos los predios del área urbana del municipio de Amatitlán, la de segundo orden para los predios del área rural y es de suma importancia en el establecimiento de un plan de ordenamiento territorial.

2.1.6. Presupuesto del proyecto

| NO. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|-------|--|----------|----------------|----------------|--------------|
| 1 | Visitas de campo (pago de combustible) | 13 | Viaje | Q. 25,63 | Q. 333,19 |
| 2 | Chapeo | 10 | m ² | Q. 3,00 | Q. 30,00 |
| 3 | Construcción de Vértices | 10 | Unidad | Q. 66,02 | Q. 660,20 |
| 4 | Alquiler de vehículo | 3 | Día | Q. 496,00 | Q. 1 488,00 |
| 5 | Alquiler de equipo | 17 | Receptor | Q. 2 800,00 | Q.47 600,00 |
| 6 | Levantamiento geodésico | 17 | Jornal | Q. 95,00 | Q. 1 615,00 |
| 7 | Seguridad | 5 | Jornal | Q. 400,00 | Q. 2 000,00 |
| 8 | Trabajo de gabinete | 1 | Unidad | Q. 1 500,00 | Q. 1 500,00 |
| TOTAL | | | | | Q. 55 226,59 |

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Cumbre de Guadalupe de aldea Santa Rosita, Villa Canales.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Cumbre de Guadalupe, ubicado en la aldea Santa Rosita municipio de Villa Canales, el mismo está constituido con una población actual de 845 habitantes, un pozo mecánico, para luego conducir el agua por bombeo al tanque de distribución en donde este se encargará de distribuirlo por gravedad a través de una red de distribución, para realizar 195 conexiones prediales y beneficiar a una población futura de 1 605 habitantes.

2.2.2. Levantamiento Topográfico

Éstos se realizan con el fin de medir las extensiones de terreno, determinar la posición y elevación de puntos situados sobre y bajo la superficie del terreno para diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable. Los trabajos topográficos consistieron en el levantamiento de la línea de abastecimiento, red de distribución, espacio del tanque de almacenamiento y la ubicación de viviendas.

Para el levantamiento topográfico se utilizó una estación total marca Trimble con prisma constante de 30 mm, cinta métrica de 1 metro y un trípode.

2.2.2.1. Planimetría

Es el conjunto de trabajos realizados en el campo necesarios para la obtención de datos geométricos que permiten la representación gráfica de un terreno proyectado en un plano horizontal. Para realizar el levantamiento planimétrico, se utilizó una estación total, por consiguiente, los datos obtenidos son coordenadas X-Y.

2.2.2.2. Altimetría

Es el conjunto de trabajos que proporcionan los elementos necesarios para la representación gráfica de la tercera dimensión del terreno, para ser proyectado posteriormente en un plano vertical. Por medio de una estación total se obtuvieron las elevaciones o diferencias de altura que son representadas como coordenadas Z.

2.2.3. Aforo de la fuente

La información del valor de aforo del pozo fue proporcionado por el departamento de agua y saneamiento de la municipalidad de Villa Canales y que establece que el valor es 9,66 lts/seg.

2.2.4. Calidad de agua

La calidad de agua está estrechamente relacionada con las características físicas, bacteriológicas y químicas, por medio de ellas se determina si el agua es apta o no para el consumo humano. Mediante la colaboración del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería CII, Universidad de San Carlos de Guatemala se realizaron los

pertinentes análisis bacteriológico y análisis físico químicos bajo las normas COGUANOR NGO 29 001.

El análisis realizado por el laboratorio dio como conclusión que el agua no es potable (ver anexo 5 y 6), el tratamiento recomendado se describe el inciso 2.2.18.

2.2.4.1. Análisis bacteriológico

Este análisis determina la presencia de bacterias en el agua; para el consumo humano el agua debe de permanecer libre de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario. Regularmente el indicador que determina el nivel de contaminación es la presencia de grupo coliforme.³⁷

2.2.4.2. Análisis fisicoquímico

Con este se determinan las características del agua que puedan ser percibidas por los sentidos, causando aceptación o rechazo de parte del consumidor, así para determinar las cantidades de minerales y materia orgánica existentes en el agua, que afecten su calidad.³⁸

2.2.5. Criterios de diseño

Es importante determinar criterios de diseño, de conformidad con la demanda poblacional o de la comunidad, como se presenta a continuación:

³⁷ MONZÓN, David. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario para la aldea San Antonio Las Flores, Municipio de Sumpango, departamento de Sacatepéquez*. p. 9.

³⁸ *Ibíd.* p. 8.

2.2.5.1. Periodo de diseño

Es el tiempo durante el cual la obra dará un servicio satisfactorio para satisfacer las necesidades de la población. Para determinarlo se tomarán los factores siguientes: población de diseño, costos, vida útil de los materiales, calidad de los materiales y de las construcciones. La unidad ejecutora del programa de acueductos rurales establece lo siguiente:

- Obras civiles: 20 años.
- Equipos mecánicos: 5 a 10 años.

El período de diseño adoptado para este proyecto es de 20 años y se tomó en cuenta un tiempo de 1 año para trámites o gestiones administrativas.

2.2.5.2. Estimación de la población futura

Por medio del censo poblacional realizado en la comunidad por el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) se recopiló la siguiente información: población actual 845 habitantes, número de viviendas 195 beneficiadas, la tasa de crecimiento de 3,10 % proporcionada por las autoridades municipales y un periodo de diseño de 21 años anteriormente definido en el inciso 2.2.5.1. El método geométrico se utilizó para calcular el crecimiento poblacional debido a que se adapta para áreas que se encuentran en desarrollo. Su ecuación es:

$$Pf = Pa * (1 + i)^n$$

Donde:

- Pf = Población futura [hab]
Pa = Población actual [hab]
i = Tasa de crecimiento [%]
n = Período de diseño [años]

Sustituyendo datos se tiene:

$$Pf = 845 * (1 + 0,031)^{21}$$

$$Pf = 1\ 605\ hab$$

2.2.5.3. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada persona, expresada en litros por habitante por día (lts/hab/día). Para la elección de este parámetro se deben tomar en cuenta factores como clima, nivel de vida, actividades productivas, número de habitantes, sus costumbres y la capacidad económica de la comunidad para costear el mantenimiento y operación del sistema.

Se utilizarán los criterios descritos por las normas UNEPAR, los cuales presentan los valores para área rural, de 60 a 120 lts/hab/día, área urbana los valores son de 100 a 250 lts/hab/día; para el presente diseño se establece una dotación de 80 lts/hab/día, por ser área rural y clima frío.

2.2.6. Factores de consumo

Son parámetros de variación que determinan el grado de seguridad para todo diseño. Entre estos factores están los siguientes:

2.2.6.1. Factor de día máximo

Este factor aumenta porcentualmente el caudal medio diario para registrar el consumo máximo de un día en el lapso de un año. Según la unidad ejecutora del programa de acueductos rurales (UNEPAR), el factor máximo diario está en un rango 1,20 a 1,50 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y de 1,20 para mayores de 1 000 habitantes. Para este proyecto se utilizó un valor de 1,20.

2.2.6.2. Factor de hora máximo

Este factor aumenta porcentualmente el caudal medio diario para registrar el consumo máximo de una hora en el lapso de un día. Según la unidad ejecutora del programa de acueductos rurales (UNEPAR), el factor máximo horario está en un rango 2,00 a 3,00 para poblaciones menores de 1 000 habitantes y de 2,00 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes. Para este proyecto se utilizó un valor de 2,00.

2.2.7. Determinación de caudales

“El caudal de diseño es el que se necesita transportar en la tubería: uno para la línea de conducción y otro para la línea de distribución; los cuales se ven afectados por los siguientes factores.”³⁹

³⁹ MENDÓZA, Gelver. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, para la aldea Suculique y diseño del pavimento para la aldea Llano Grande, municipio de Huehuetenango, departamento de Huehuetenango.* p. 21.

2.2.7.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua en litros por segundo que consume una población durante un tiempo de 24 horas, se obtiene como el promedio de los consumos diarios en el periodo de un año. Cuando no se tiene información de consumos diarios se puede calcular en función de la población futura y dotación asignada en un día por la siguiente ecuación:

$$Qm = \frac{Dot * Pf}{86\ 400}$$

Donde:

- Qm = Caudal medio diario en lts/seg.
- Dot = Dotación en lts/hab/día.
- Pf = Población futura en hab.
- 86 400 = Cantidad de segundos en un día.

Sustituyendo datos se obtiene:

$$Qm = \frac{80 * 1\ 605}{86\ 400}$$

$$Qm = 1,49\ lts/seg$$

2.2.7.2. Caudal máximo diario

Es el consumo durante 24 horas observado en el período de un año, es utilizado para el diseño de la línea de conducción. Se determina al multiplicar el caudal medio diario por el factor de día máximo. El factor de día máximo

tomado de referencia en la norma UNEPAR para una población mayor de 1 000 habitantes se utilizó 1,20 que se emplea en el área rural, la fórmula se muestra a continuación:

$$QMD = Qm * FMD$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario en lts/seg

Qm = Caudal medio diario en lts/seg

FMD = Factor máximo diario

Sustituyendo datos se obtiene:

$$QMD = 1,49 * 1,20$$

$$QMD = 1,78 \text{ lts/seg}$$

2.2.7.3. Caudal máximo horario

Es el caudal que representa la hora de máximo consumo en el día, es utilizado para el diseño de la línea de distribución. Se determina al multiplicar el caudal medio diario por el factor de hora máximo. El factor de hora máximo tomado de referencia en la norma UNEPAR para una población mayor de 1 000 habitantes se utilizó 2 que se emplea en el área rural, la fórmula se muestra a continuación:

$$QMH = Qm * FMH$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario en lts/seg

Qm = Caudal medio diario en lts/seg

FMH = Factor máximo horario

Sustituyendo datos se obtiene:

$$QMH = 1,49 * 2$$

$$QMH = 2,97 \text{ lts/seg}$$

2.2.7.4. Caudal de vivienda

Es el caudal que se asignará a cada una de las viviendas. Se calcula de la siguiente manera:

$$Qv = \frac{QMH}{\# \text{ Viviendas}} = \frac{2,97}{371} = 0,0152 \text{ lts/seg}$$

2.2.8. Parámetros de diseño

| | |
|---------------------|-----------------|
| Fuente | Pozo |
| Sistema | Bombeo gravedad |
| Aforo | 9,66 lts/seg |
| Periodo de diseño | 21 años |
| Tasa de crecimiento | 3,10 % |
| Viviendas actuales | 195 viviendas |
| Viviendas futuras | 371 viviendas |

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| Población actual | 845 habitantes |
| Población futura | 1 605 habitantes |
| Dotación | 80 lts/hab/día |
| Factor de día máximo | 1,20 |
| Factor de hora máximo | 2,00 |
| Caudal medio diario | 1,49 lts/seg |
| Caudal máximo diario | 1,78 lts/seg |
| Caudal máximo horario | 2,97 lts/seg |
| Caudal de vivienda | 0,0152 lts/seg |
| Tipo de distribución | Conexiones domiciliarias |

2.2.9. Captación

El tipo de captación usado para este proyecto de abastecimiento de agua potable es a través de un pozo perforado para abastecer al tanque.

2.2.10. Tipos de tuberías

En los sistemas de abastecimiento de agua potable actúan las tuberías como elementos principales y la importancia de la selección del material a emplear debe hacerse considerando el tipo de terreno, economía y facilidad para trabajar. La tubería de hierro galvanizado (HG) es fabricada por medio de acero, es usada donde se requiera altas presiones, pasos de zanjón, en casos donde la tubería no se puede enterrar y su costo es elevado. La tubería de cloruro de polivinilo (PVC) es fabricada por medio de la plastificación de polímeros, su precio es más económico, necesita protección a la intemperie, fácil para trabajar y transportar.⁴⁰

⁴⁰ GONZÁLEZ, Walter. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, en el caserío San Cristóbal Buena Vista, aldea Santa Rosita, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala.* p. 27-28.

2.2.11. Velocidades máximas y mínimas

Según la norma de UNEPAR, los valores para la línea de conducción en condiciones forzadas, para que no existan sedimentación o desgastes y disminuir los efectos del golpe de ariete, la velocidad mínima y máxima debe estar entre 0,60 y 2,00 metros por segundo. Los valores para la línea de distribución deben estar entre 0,60 y 3,00 metro por segundo, la velocidad sea menor o mayor al límite, debe ser justificado por el diseñador.

2.2.12. Presiones máximas y mínimas

La presión hidrostática máxima en líneas de conducción y de distribución debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería y considerando las presiones de servicio en cualquier punto de la red, las cuales deben estar en el rango de 10 a 60 metros columna de agua (m.c.a.).

2.2.13. Coeficiente de fricción

Cuando se emplea la fórmula de Hazen Williams para el diseño hidráulico con tubería PVC, el coeficiente de fricción C, es de 150, y para tuberías de HG, C=100.

2.2.14. Línea de conducción

La línea de conducción es la cual transporta el agua desde la captación por medio de un pozo perforado hasta el tanque de distribución, la cual será por bombeo.

2.2.14.1. Caudal de bombeo

Los sistemas de agua potable que requieran el cálculo de la línea de bombeo, se deben considerar si el aforo de la fuente tiene la capacidad para soportar el bombeo y para este proyecto ya se cuenta con un pozo que provee un caudal de 9,66 lts/seg dicha información se puede observar en la carta proporcionada por la municipalidad (ver anexo 4). La determinación del caudal de bombeo (Q_b) es multiplicar el caudal máximo diario por 24 horas del día y dividido por el número de horas de bombeo. Para el presente proyecto se utilizará 12 horas de bombeo.

$$Q_b = \frac{QMD * 24}{No. horas de bombeo}$$

Donde:

| | |
|---------------------|-----------------------------------|
| Q_b | = Caudal bombeo en lts/seg |
| QMD | = Caudal máximo diario en lts/seg |
| No. horas de bombeo | = Horas |
| 24 | = Números de horas de un día |

Sustituyendo datos se obtiene:

$$Q_b = \frac{1,78 * 24}{12}$$

$$Q_b = 3,56 \text{ lts/seg}$$

2.2.14.2. Diámetro de tubería de impulsión

Para calcular el diámetro de la tubería que produce la menor pérdida y menor costo en la operación de bombeo, es conveniente utilizar el diámetro económico para conducir el agua desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento y determinado por la siguiente expresión:

$$\phi = \sqrt{\frac{1,974 * Q}{v}}$$

Donde:

- ϕ = Diámetro de tubería en plg.
- Qb = Caudal de bombeo en lts/seg.
- v = Velocidad en m/s.

Sustituyendo datos se obtiene:

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{1,974 * 3,56}{2}} = 1,87''$$

$$\phi_2 = \sqrt{\frac{1,974 * 3,56}{0,60}} = 3,42''$$

Como son diámetros no comerciales, por lo tanto, los diámetros comprendidos dentro del rango de velocidades son 2", 3", 4".

Continuamos con el cálculo del costo mensual de amortización de la tubería, con una tasa de interés de 15 % anual y 10 años para amortizar la tubería. Por medio de la siguiente fórmula:

$$A = \frac{R * (R + 1)^n}{(R + 1)^n - 1}$$

Donde:

$$R = \frac{15\% \text{ anual}}{12 \text{ meses}} = 0,0125$$

$$n = \frac{10 \text{ años} * 12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 120 \text{ meses}$$

Por lo que:

$$A = \frac{0,0125 * (0,0125 + 1)^{120}}{(0,0125 + 1)^{120} - 1} = 0,016$$

Determinar la cantidad de tubos a utilizar.

$$\text{Cantidad de tubos} = L/6 \qquad \text{Cantidad de tubos} = \frac{1833,47}{6} = 306 \text{ tubos}$$

El costo mensual de amortización es:

Tabla VI. **Costo mensual de amortización**

| Diámetro | No. Tubos | Amortización | Precio Unitario | Costo Mensual |
|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| 2" | 306 | 0,016 | Q. 267,79 | Q. 1 311,10 |
| 3" | 306 | 0,016 | Q. 412,86 | Q. 2 021,36 |
| 4" | 306 | 0,016 | Q. 677,64 | Q. 3 317,72 |

Fuente: elaboración propia.

Continuamos con el cálculo del costo mensual de bombeo. Se procede a calcular la pérdida de carga para cada diámetro, por medio de la fórmula Hazen Williams:

$$H_f = \frac{1\,743,811141 * L * Q_b^{1,85}}{\phi^{4,87} * C^{1,85}}$$

Donde:

Hf = Pérdida de carga por fricción en m

L = Longitud del tramo en m

Qb = Caudal de bombeo en lts/seg.

C = Coeficiente de fricción de Hazen Williams, que depende de la rugosidad del material, tubería HG es de 100 adimensional

∅ = Diámetro de la tubería en plg

Sustituyendo datos se obtiene:

$$H_{f_{2''}} = \frac{1\,743,811141 * 1\,833,47 * 3,56^{1,85}}{2^{4,87} * 100^{1,85}} = 228,53 \text{ m}$$

$$H_{f_{3''}} = \frac{1\,743,811141 * 1\,833,47 * 3,56^{1,85}}{3^{4,87} * 100^{1,85}} = 31,72 \text{ m}$$

$$Hf_4'' = \frac{1\,743,811141 * 1\,833,47 * 3,56^{1,85}}{4^{4,87} * 100^{1,85}} = 7,81\,m$$

Cálculo de la potencia de la bomba:

$$P = \frac{Qb * H_f}{76 * e}$$

Donde:

- P = Potencia requerida por la bomba en Horse Power (HP)
- H_f = Pérdida de carga por fricción en m
- Qb = Caudal de bombeo
- e = Eficiencia de la bomba

Sustituyendo datos se obtiene:

$$POT_2'' = \frac{3,56 * 228,53}{76 * 0,80} = 13,38\,HP$$

$$POT_3'' = \frac{3,56 * 31,72}{76 * 0,80} = 1,85\,HP$$

$$POT_4'' = \frac{3,56 * 7,81}{76 * 0,80} = 0,45\,HP \quad 1\,HP \longrightarrow 0,746\,KW$$

Se hace la conversión de potencia en HP a KW de la siguiente manera:

$$POT_2'' = 0,746\,KW * 13,38\,HP = 9,98\,KW$$

$$POT_3'' = 0,746\,KW * 1,85\,HP = 1,38\,KW$$

$$POT_{4''} = 0,746 \text{ KW} * 0,45 \text{ HP} = 0,34 \text{ KW}$$

Para calcular la potencia mensual, se debe conocer el número de horas que se bombeará en el mes:

$$No. \text{ horas} = \left(\frac{12 \text{ horas}}{\text{día}} \right) * \left(\frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} \right) = \frac{360 \text{ horas}}{\text{mes}}$$

$$POT_{2''} = 9,98 \text{ KW} * 360 \text{ horas/mes} = 3 592,80 \text{ KW} - \text{hora/mes}$$

$$POT_{3''} = 1,38 \text{ KW} * 360 \text{ horas/mes} = 496,80 \text{ KW} - \text{hora/mes}$$

$$POT_{4''} = 0,34 \text{ KW} * 360 \text{ horas/mes} = 122,40 \text{ KW} - \text{hora/mes}$$

Seguidamente se calcula el costo mensual de bombeo:

Tabla VII. **Costo mensual de bombeo**

| Diámetro | Potencia Mensual (KW-hora/mes) | Precio Unitario | Costo Mensual |
|----------|--------------------------------|-----------------|---------------|
| 2" | 3 592,80 | Q. 1,25 | Q. 4 491,00 |
| 3" | 496,80 | Q. 1,25 | Q. 621,00 |
| 4" | 122,40 | Q. 1,25 | Q. 153,00 |

Fuente: elaboración propia.

El costo total:

Tabla VIII. **Costo total de tubería**

| Diámetro | Costo mensual bombeo | Costo mensual Amortización | Precio Unitario |
|----------|----------------------|----------------------------|-----------------|
| 2" | Q. 4 491,00 | Q. 1 311,10 | Q. 5 802,10 |
| 3" | Q. 621,00 | Q. 2 021,36 | Q. 2 642,36 |
| 4" | Q. 153,00 | Q. 3 317,72 | Q. 3 470,72 |

Fuente: elaboración propia.

Con los resultados obtenidos, se puede comprobar que el diámetro más económico es el de 3", por lo cual la tubería a utilizar en la línea de conducción por bombeo será HG cedula 40 y un diámetro de 3".

- Verificación del golpe de ariete

Es una onda de presión que se propagará con una velocidad llamada celeridad "α" que se calcula de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K * \phi_i}{E * e}}}$$

Donde:

- α = Celeridad en m/s
- K = Módulo de elasticidad volumétrico del agua en kg/cm²
- E = Módulo de elasticidad de la tubería en kg/cm²
- ϕ_i = Diámetro interno tubería en plg
- e = Espesor de pared de la tubería en plg

Sustituyendo datos se obtiene:

$$\alpha = \frac{1\,420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 * 10^4 * 3}{2,05 * 10^6 * 0,216}}}$$

$$\alpha = 1\,329,81 \text{ m/s}$$

- Sobrepresión

La sobrepresión expresada en metros columna de agua (m.c.a.) se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta P = \frac{\alpha * v}{g}$$

Donde:

ΔP = Sobrepresión en m.c.a.

α = Celeridad en m/s

v = Velocidad del flujo de la tubería en m/s

g = Gravedad en m/s^2

Se calcula la velocidad:

$$v = \frac{1,974 * Q}{\emptyset^2}$$

$$v = \frac{1,974 * 3,56}{3^2} = 0,78 \text{ m/s}$$

Entonces la sobrepresión sería:

$$\Delta P = \frac{1\,329,81 * 0,78}{9,81}$$

$$\Delta P = 105,73 \text{ m. c. a.}$$

La presión máxima se calcula sumando la sobrepresión con la altura de bombeo de la boca de pozo a la descarga:

$$\text{Presión} = \text{Altura de descarga} + \Delta P$$

$$\text{Presión} = 237,81 \text{ m. c. a.} + 105,73 \text{ m. c. a.} = 343,54 \text{ m. c. a.}$$

$P = 343,54 \text{ m.c.a} < 490 \text{ m.c.a. (700 PSI)}$, de manera que la tubería HG resiste dicha presión.

2.2.14.3. Carga dinámica total

La carga dinámica total (CDT), es la carga que debe suministrar la bomba para mover el caudal requerido, expresada en metros columnas de agua. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$CDT = ND + AD + Hfs + Hfi + Hfvel + Hfmenores$$

Donde:

| | |
|-----------|--|
| CDT | = Carga dinámica total. |
| ND | = Nivel dinámico. |
| AD | = Altura de descarga. |
| Hfs | = Pérdida de carga por fricción en tubería de succión. |
| Hfi | = Pérdida de carga por fricción en tubería de impulsión. |
| Hfvel | = Pérdida por velocidad. |
| Hfmenores | = Pérdida menores. |

A continuación, se presenta los datos del estudio hidrogeológico, proporcionados por el departamento de Agua y Saneamiento de la municipalidad de Villa Canales (ver anexo 4).

- La bomba se instaló a una profundidad de 740,00 pies equivalente 225,62 metros con 16 etapas y una bomba de potencia de 30 caballos de fuerza (HP).
- Nivel estático (NE) = 340,00 pies= 103,658 m.
- Nivel de bombeo o dinámico= 170,00 pies= 195,453 m.
- Altura de descarga.

Es la distancia vertical para trasladar el agua entre el nivel del suelo hasta el borde superior del tanque de almacenamiento, está se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$AD = APT + ATT$$

Donde:

- AD* = Altura de descarga en m.
 = Altura de la boca del pozo a la parte superior de la cimentación de la estructura del tanque en m.
- APT* = Altura de la parte superior de la cimentación de la estructura del tanque a la entrada de descarga del tanque en m.

Sustituyendo datos se obtiene:

$$AD = 217,51 + 20,30$$

$$AD = 237,81 \text{ m}$$

- Pérdida por fricción en tubería de succión
 Para el cálculo se utilizará la fórmula de Hazen Willinams:

$$Hf_s = \frac{1\,743,811141 * L * Q_b^{1.85}}{\emptyset^{4.87} * C^{1.85}}$$

Donde:

- Hf_s* = Pérdida de carga por fricción en m
L = Longitud del tramo en m
Q_b = Caudal de bombeo en lts/seg
C = Coeficiente de fricción de Hazen Williams, que depende de la rugosidad del material, tubería HG es de 100 adimensional
 \emptyset = Diámetro de la tubería en plg

Sustituyendo datos se obtiene:

$$H_f(3") = \frac{1\,743,811141 * 225,62 * 3,56^{1,85}}{3^{4,87} * 100^{1,85}}$$

$$H_f(3") = 3,90 \text{ m}$$

- Pérdida por fricción en tubería de impulsión
Para el cálculo se utilizará la fórmula de Hazen Williams:

$$H_{f_i} = \frac{1\,743,811141 * L * Q_b^{1,85}}{\phi^{4,87} * C^{1,85}}$$

Donde:

H_{f_i} = Pérdida de carga por fricción en m

L = Longitud del tramo en m

Qb = Caudal de bombeo en lts/seg

C = Coeficiente de fricción de Hazen Williams, que depende de la rugosidad del material, tubería HG es de 100 adimensional

ϕ = Diámetro de la tubería en plg

Sustituyendo datos se obtiene:

$$H_f(3") = \frac{1\,743,811141 * 1\,833,47 * 3,56^{1,85}}{3^{4,87} * 100^{1,85}}$$

$$H_f(3") = 31,72 \text{ m}$$

- Pérdida por velocidad

Se procede a calcular por la siguiente formula:

$$Hf \text{ vel.} = \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde:

Hf vel. = Pérdida por velocidad en m

v = Velocidad del flujo en m/s

g = Gravedad en m/s^2

Sustituyendo datos se obtiene:

$$Hf \text{ vel.} = \frac{(0,78)^2}{2 * 9,81}$$

$$Hf \text{ vel.} = 0,031 \text{ m}$$

- Pérdidas menores

Las perdidas menores son el 10 % de la pérdida de carga en la línea de impulsión:

$$Hf \text{ menores} = 10 \% * (31,72)$$

$$Hf \text{ menores} = 3,17$$

Por lo tanto, sustituyendo datos para calcular la carga dinámica total se obtiene:

$$CDT = 195,45 + 237,81 + 3,90 + 31,72 + 0,031 + 3,17$$

$$CDT = 472,08 \text{ m. c. a.}$$

- Potencia de la bomba

Para garantizar el buen funcionamiento y rendimiento del sistema se calcula la potencia de la bomba de la siguiente manera:

$$P = \frac{CDT * Q_b}{76 * e}$$

Donde:

P = Potencia requerida por la bomba en Horse Power (HP)

CDT = Carga dinámica total en *m. c. a.*

Q_b = Caudal de bombeo en lts/seg

e = Eficiencia de la bomba

Sustituyendo datos se obtiene:

$$P = \frac{472,08 * 3,56}{76 * 0,80}$$

$$P = 27,64 \text{ HP}$$

Se adoptó una bomba de potencia de 30 caballos de fuerza (HP).

2.2.15. Tanque de abastecimiento

“El tanque elevado de distribución tiene tres funciones principales que son; cubrir la demanda en horas de mayor consumo, regular las presiones de la red de distribución evitando el bombeo directo de la misma y atender emergencias.”⁴¹

2.2.15.1. Volumen de almacenamiento

El volumen del tanque de almacenamiento o de distribución, se calculará de acuerdo a la demanda real de las comunidades. Cuando se carece de la demanda real, pueden adoptarse los criterios de la UNEPAR, establecemos que, en un sistema por gravedad, el volumen deberá ser del 25 % al 45 % del caudal medio diario y en sistemas por bombeo deberá ser de 40 % a 60 % del caudal medio diario, esto en función del clima y en ambos se debe considerar un porcentaje por eventualidades.

$$V_{tanque} = \frac{0,45 * Qm * 86\ 400}{1\ 000}$$

Donde:

V_{tanque} = Volumen del tanque en m^3 .

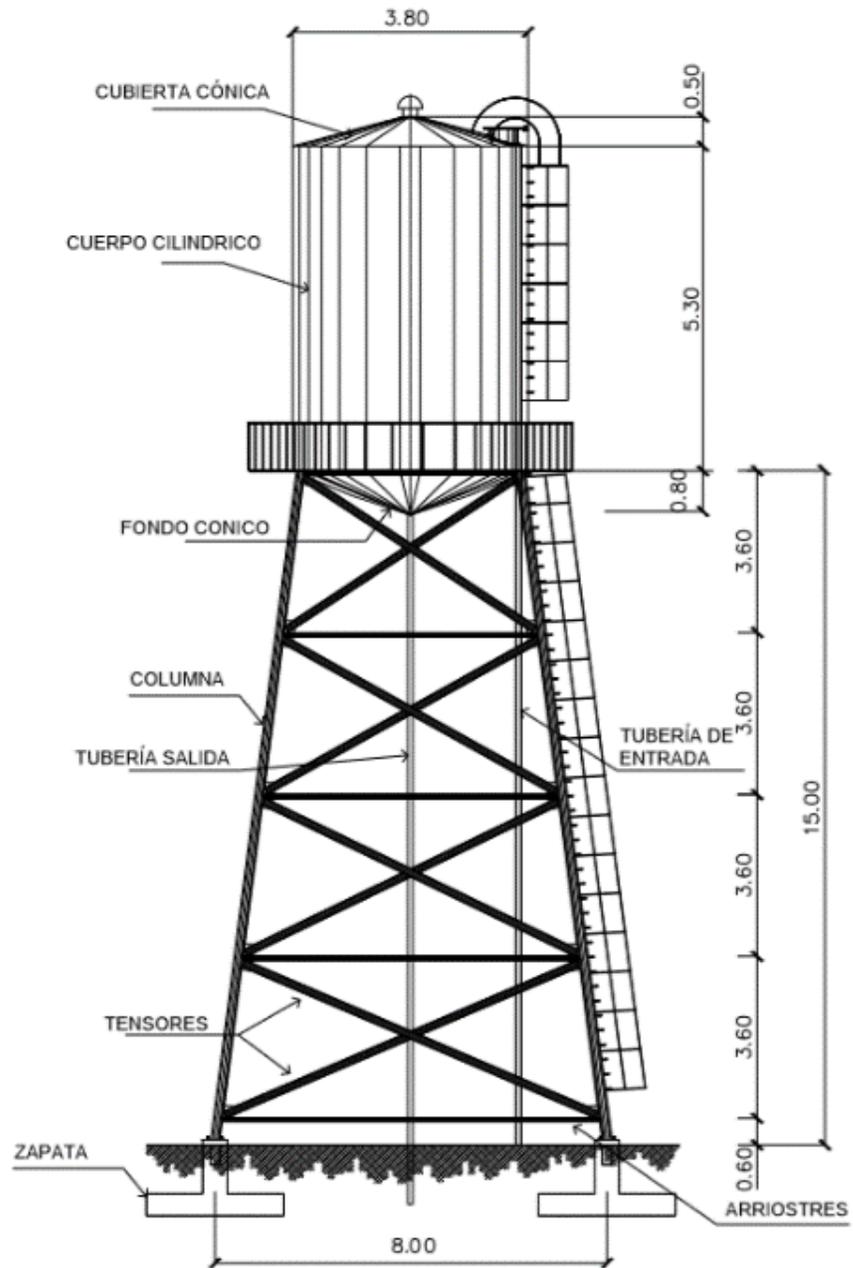
Qm = Caudal medio diario en lts/seg.

$$V_{tanque} = \frac{0,45 * 1,49 * 86\ 400}{1\ 000} = 57,93\ m^3$$

Se aproximará a $60\ m^3$, el cual será el diseño a realizar.

⁴¹ TEJADA, Christian. *Diseño de sistema de agua potable para la aldea el paraíso y escuela para párvulos de la aldea ciudad Pedro de Alvarado, del municipio de Moyuta, departamento de Jutiapa.* p. 22.

Figura 13. Partes del tanque y sus dimensiones



Fuente: elaboración propia.

- Cuerpo del tanque

Las paredes del cilindro y el fondo del tanque deben soportar la presión del agua y se construirá utilizando lamina negra Norma A-36. Debido que el tanque será de planta circular, generando un volumen cilíndrico en el cuerpo.

$$Vol\ Cil = \pi * r^2 * h$$

Utilizando un radio de, $r = 1,90\ m$

$$h_{cuerpo} = \frac{Vol\ Cil}{\pi * r^2}$$

$$h_{cuerpo} = \frac{60}{\pi * (1,90)^2} = 5,30\ m$$

Para determinar la geometría del tanque se deberá dividir la altura del cuerpo del cilindro dentro del diámetro a utilizar, esto para mantener una constante (C) dentro del rango $1 \leq C \leq 1,4$.

$$\frac{h_{cuerpo}}{D_{cuerpo}} = C$$

$$\frac{5,30\ m}{3,80\ m} = C = 1,3$$

Debido a que la constante C si cumple, se utilizará un cilindro con radio $1,90\ m$ y una altura de $5,30\ m$.

- Techo

Sirve para cubrir el agua en el interior del tanque debido a la intemperie. Para este caso se empleará una cubierta cónica, debido a que por su forma física es capaz de sostenerse únicamente soportándose en su periferia por anillo de coronamiento.

El techo se dimensionará asumiendo una altura de techo (h_{techo}) que deberá encontrarse en el rango de:

$$1 \text{ pie} \approx (0,305 \text{ m}) \leq h_{\text{techo}} \leq D_{\text{cuerpo}}/6$$

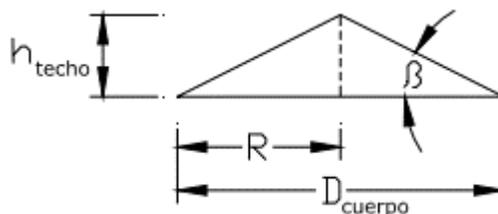
$$0,305 \text{ m} \leq h_{\text{techo}} \leq 3,80 \text{ m}/6$$

$$0,305 \text{ m} \leq 0,50 \leq 0,63$$

Asumiendo una altura de techo de 0,50 m, si cumple debido a que se encuentra dentro el rango. Comprobando la inclinación del techo de acuerdo al estándar AWWA D 100-05, tendrá como mínimo y máximo cumplir estos ángulos respecto a la horizontal.

$$9,5^{\circ} \leq \beta \leq 37^{\circ}$$

Figura 14. **Inclinación de techo del tanque elevado**



Fuente: RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. p.13.

$$\tan\beta = \frac{h_{techo}}{R} \quad \beta = \tan^{-1}\left(\frac{h_{techo}}{R}\right)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{0,5}{1,90}\right) = 14,74^\circ \quad \text{Si cumple}$$

- Fondo

El fondo se dimensionará asumiendo una altura de fondo (h_{fondo}) que deberá encontrarse en el rango de:

$$2 \text{ pies} \approx (0,61 \text{ m}) \leq h_{fondo} \leq D_{cuerpo}/4$$

$$0,61 \text{ m} \leq h_{fondo} \leq 3,80/4$$

$$0,61 \text{ m} \leq 0,80 \leq 0,95$$

La altura del cono del fondo si se encuentra dentro del rango, por lo que tendrá una altura de 0,80 m.

- Dimensionamiento de la torre

La torre es una armazón estructural de gran altura con la función de sostener el tanque a una altura determinada (H_{torre}). Se encuentra compuesta por un conjunto de elementos unidos entre sí por medio de placas o platinas.

- Torre de soporte

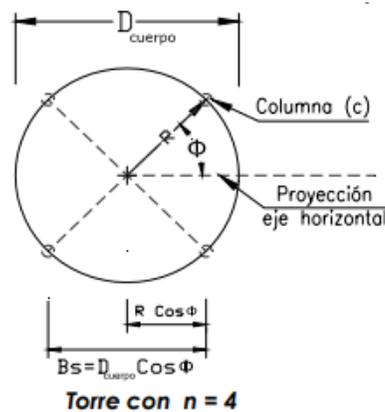
De acuerdo al diámetro del cuerpo, la altura de la torre y el número de columnas, se procede a dimensionar la parte superior e inferior de la torre. Esta

se diseñará con cuatro columnas.

- Base superior de la torre (Bs)

En base al número de columnas de la torre que se ubicarán con un ángulo (ϕ), formando entre un radio que pasa por la columna y una proyección horizontal, se obtiene la siguiente expresión:

Figura 15. **Planta de torre con cuatro columnas**



Fuente: RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. p.17.

$$B_s = D_{\text{cuerpo}} * \cos \phi$$

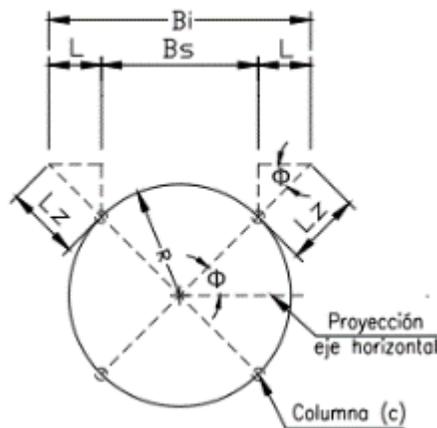
$$B_s = 3,80 * \cos 45^\circ$$

$$B_s = 2,69 \text{ m}$$

- Base inferior de la torre (Bi)

Para limitar la separación de las columnas en la parte inferior, el eje de las columnas de la torre no podrá desviar su inclinación (m) a más 25 % de la altura de la torre, por lo que se determinarán las distancias L_z y L .

Figura 16. **Planta de torre, inclinación de columnas**



Fuente: RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. p.18.

$$0 \% \leq m \leq 25 \% \quad L_z = m * H_{\text{torre}}$$

$$L = L_z * \cos \phi$$

Con pendiente (m)= 25 %

$$L_z = 0,25 * 15,00 \text{ m} = 3,75 \text{ m}$$

$$L = 3,75 * \cos 45^\circ = 2,65 \text{ m}$$

Por lo que base inferior del tanque (Bi) será la expresión:

$$B_i = 2(L) + B_s$$

$$B_i = 2(2,65) + 2,69 = 8,00 \text{ m}$$

- Separación entre arriostres

La separación del primer arriostre debe estar comprendido entre 0,50 m a 1,00 m esto sobre el nivel del suelo para evitar corrosión, por lo que para el primero se utilizará de 0,60 m. Los siguientes arriostres se calcularán de acuerdo a la altura restante, la cual no deberá sobrepasar los 4,50 m.

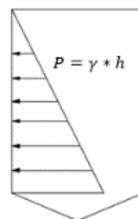
$$15,00 - 0,60 = 14,40$$

$$\text{Separación entre breizas} = \frac{14,40 \text{ m}}{4 \text{ arriostres}} = 3,60 \text{ m}$$

- Diseño de las paredes del tanque

La carga ejercida sobre las paredes del tanque se puede definir por la fórmula que se describe a continuación:

Figura 17. **Carga ejercida sobre la pared del tanque**



Fuente: elaboración propia.

$$T = (P * r) \quad T = \gamma * h * r$$

Donde:

T = Carga ejercida sobre la pared en kg/m.

P = Carga ejercida por el agua en kg/m.

r = Radio del tanque en m.

h = Altura del tanque en m.

γ = Peso específico del agua 1 000 kg/m³.

Entonces de esta fórmula se obtiene la carga ejercida en el cono inferior y el primer anillo que es donde actúa la mayor presión, la cual es igual a:

$$T = \gamma * h * r$$

$$T = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * 5,30 \text{ m} * 1,90 \text{ m} = 10\,070 \text{ kg/m}$$

Para el cálculo del espesor de la lámina a utilizar, se toma una resistencia de acero F_y :

$$F_y = 36\,000 \text{ lb/plg}^2 = 2\,536,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el esfuerzo de trabajo de tensión F_s :

$$F_s = 0,45 F_y = 0,45 * 2\,536,37 = 1\,141,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el área de acero (A_s):

$$As = \frac{T}{Fs}$$

$$As = \frac{10\,070}{1\,141,37} = 8,82 \text{ cm}^2$$

Se tomará una franja unitaria 1 metro de altura, se obtiene el espesor (t) del tanque:

$$\text{Área} = 1 \text{ metro} * t$$

$$t = \frac{8,82}{100} = 0,088 \text{ cm}$$

Analizando: 0,088 cm < 0,635 cm. Para lámina ¼"

Para analizar los siguientes anillos y la cubierta se hace el mismo análisis solo que a un tercio de la altura del cuerpo del tanque, como sigue:

$$T = \gamma * h * r$$

$$T = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * 5,30/3 \text{ m} * 1,90 \text{ m} = 3\,356,67 \text{ kg/m}$$

Tomando una franja unitaria 1 metro en el perímetro del tanque:

$$T = 3\,356,67 \text{ kg/m} * 1 \text{ m} = 3\,356,67 \text{ kg}$$

Para el cálculo del espesor de la lámina a utilizar, se toma una resistencia de acero F_y :

$$F_y = 36\,000 \text{ lb/plg}^2 = 2\,536,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el esfuerzo de trabajo de tensión F_s :

$$F_s = 0,45 F_y = 0,45 * 2\,536,37 = 1\,141,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el área de acero (A_s):

$$A_s = \frac{T}{F_s}$$

$$A_s = \frac{3\,356,67}{1\,141,37} = 2,94 \text{ cm}^2$$

Se tomará una franja unitaria 1 metro de altura, se obtiene el espesor (t) del tanque:

$$\text{Área} = 1 \text{ metro} * t$$

$$t = \frac{2,94}{100} = 0,0294 \text{ cm}$$

Analizando: $0,0294 \text{ cm} < 0,476 \text{ cm}$. Para lámina 3/16".

Por análisis se toman los espesores mínimos de lámina negra Norma A-36 de ¼ de pulgada, en el cono inferior y el primer anillo, los anillos superiores y la cubierta se propone un espesor de 3/16 de pulgada.

- Diseño de la torre

Las cargas ejercidas sobre las torres de soporte serán las siguientes:

$$P_w = [(\pi * r^2 * h) * \gamma] + \left[\left(\pi * r^2 * \frac{H}{3} \right) * \gamma \right]$$

Dónde:

- P_w = Carga ejercida por el agua a todo el tanque en.
 π = Constante para el cálculo del área de un círculo.
 r = Radio del tanque en m.
 h = Altura del tanque en m.
 H = Altura del cono en m.
 γ = Peso específico del agua 1 000 kg/m³.

De esta fórmula se obtiene la carga ejercida:

$$P_w = [(\pi * 1,9^2 * 5,30) * 1\ 000] + \left[\left(\pi * 1,90^2 * \frac{0,80}{3} \right) * 1\ 000 \right]$$

$$P_w = 63\ 132,39\ kg$$

La carga para soldadura (f) se encuentra en función del peso total del agua dividido entre el perímetro del cilindro dando un valor de:

$$f = \frac{P_w}{2 * \pi * r}$$

$$f = \frac{63\ 132,39\ kg}{2 * \pi * 1,90\ m} = 5\ 288,33\ kg/m$$

$$f = 296,13\ lb/plg$$

Según la American Institute of Steel Construction (AISC) este valor comparado con la resistencia aproximada que resiste la soldadura es de 2 000 lb/plg² encontrándose dentro de los límites aceptables del diseño de soldaduras.

Peso específico del acero P.E.= 490 lb/pie³= 7 800 kg/m³

Donde:

- t = Espesor lámina de acero= 0,00635 metros (1/4 plg.)
- π = Constante para el cálculo del área de un círculo
- \emptyset = Diámetro del cilindro en m
- H = Altura del cilindro en m
- Ac = Área del cilindro en m²
- As = Área del cono superior en m²
- Ai = Área del cono inferior en m²
- Hs = Altura del cono superior en m
- hi = Altura del cono inferior en m
- r = Radio del tanque en m

$$Ac = \pi * \emptyset * h = \pi * 3,80 * 5,3 = 63,27 \text{ m}^2$$

$$As = \pi * r * (r^2 + hs^2)^{1/2} = \pi * 1,90 * (1,90^2 + 0,50^2)^{1/2} = 11,73 \text{ m}^2$$

$$Ai = \pi * r * (r^2 + hi^2)^{1/2} = \pi * 1,90 * (1,90^2 + 0,80^2)^{1/2} = 12,31 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso Acero} = (Ac+As+Ai) * t * PE$$

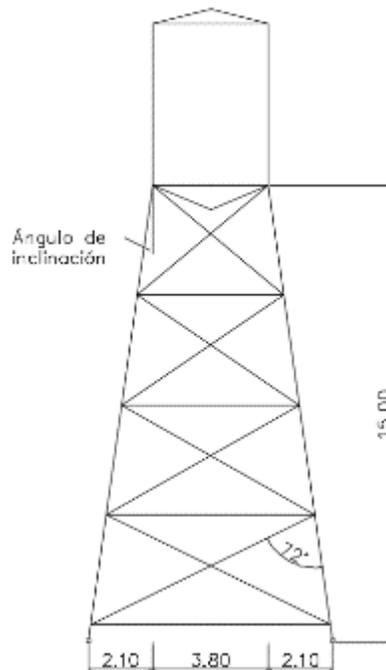
$$\text{Peso del acero} = (63,27+11,73+12,31) * 0,00635 * 7 800 = 4 324,46 \text{ kg}$$

Peso total= peso del agua + peso del acero

Peso total= 63 132,39 + 4 324,46= 67 456,85 kg

Carga exacta para cada columna: por aproximación 67 500,00 kg. Carga exacta por columna= 16 875 kg ó 16,88 toneladas. Por estar las columnas inclinadas, estarán en función de una carga resultante la cual se calcula encontrando el ángulo de inclinación de las columnas de la torre (figura 18).

Figura 18. **Ángulo de inclinación de columnas**



Fuente: elaboración propia.

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{2,10}{15} \right) = 7,97^\circ$$

La carga resultante:

$$Cr = Pc / \cos(\theta) = 16,88 / \cos(7,97)$$

$$Cr = 17,04 \text{ toneladas}$$

- Fuerza de Sismo

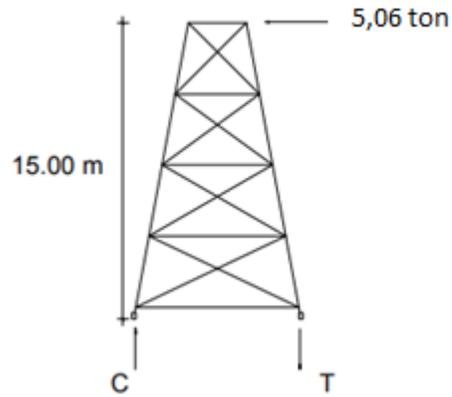
Debido a la altura de este tanque que es relativamente corta y las cantidades de peso no son muy elevadas, se recomienda para el cálculo de la fuerza de sismo tomar un valor del 15 % de la carga total aplicada sobre el tanque.

$$\text{Fuerza de sismo (FS)} = 15 \% * \text{carga total}$$

$$FS = 0,15 * 67,50 \text{ ton} = 10,13 \text{ ton}$$

Carga de sismo en cada columna del mismo eje:

Figura 19. **Fuerza de sismo 1**

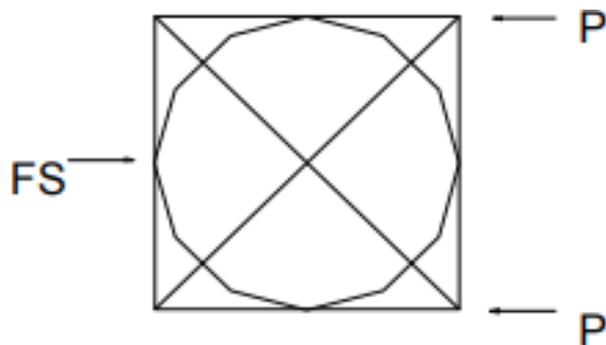


Fuente: elaboración propia.

Entonces sumando fuerzas en el sentido horizontal:

$$FS = 2P \text{ despejando } P = \frac{FS}{2} = \frac{10,13}{2} = 5,06 \text{ ton}$$

Figura 20. **Fuerza de sismo 2**



Fuente: elaboración propia.

Realizando sumatoria de momentos en una de sus bases y se obtiene:

$$\sum Mc = 0 + \uparrow$$

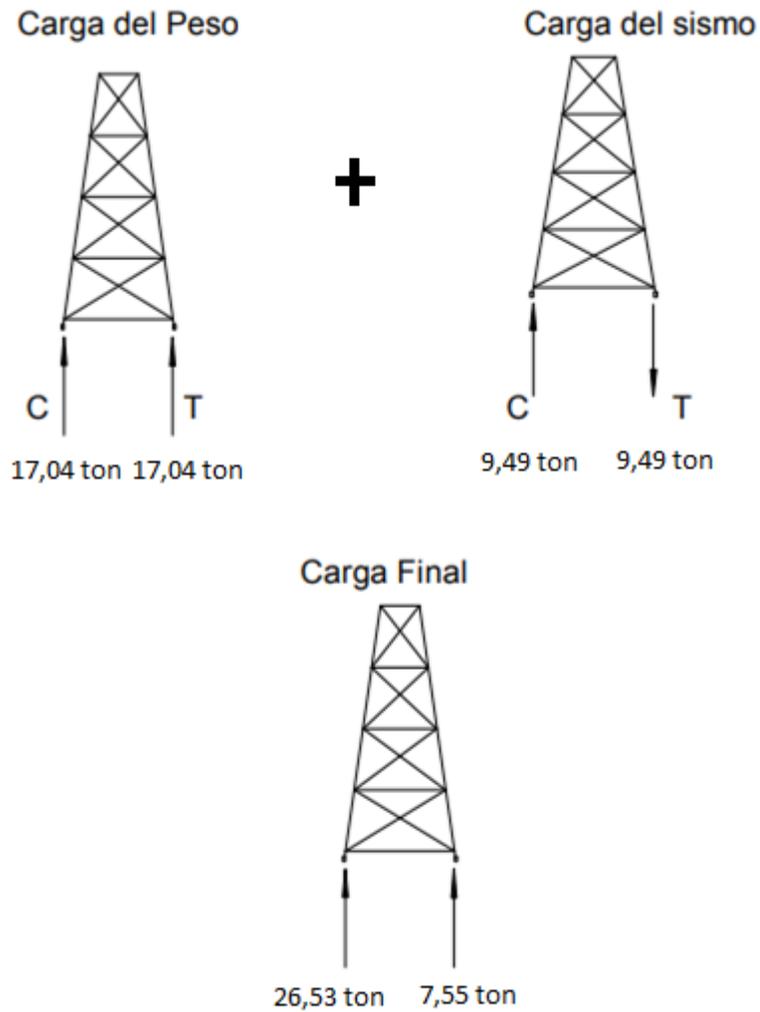
$$F_s * 15 - T * L = 0$$

$$5,06 * 15 - T * 8 = 0$$

$$T = 9,49 \text{ ton}$$

Cargas finales:

Figura 21. **Cargas finales**



Fuente: elaboración propia.

Sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_c = 0 \text{ hacia arriba positivo}$$

$$17,04 + 9,49 = 26,53 \text{ ton}$$

$$\sum F_T = 0 \text{ hacia arriba positivo}$$

$$17,04 - 9,49 = 7,55 \text{ ton}$$

- Columnas

Utilizando un tubo cuadrado HSS10X0,375 con las siguientes propiedades:

Acero: A500 Gr B (Round) Tabla 2-3 AISC 360-10

$$F_y = 42,00 \text{ Ksi}$$

$$F_u = 58,00 \text{ Ksi}$$

$$D = 5 \text{ plg.}$$

$$t = 0,174 \text{ plg}$$

$$r = 3,41 \text{ plg}$$

$$E = 29\,000 \text{ Ksi}$$

Capacidad sísmica de la columna:

$$D/t < 0,044(E/F_y) \text{ Tabla I - 8 - 1 AISC 314 - 05}$$

$$D/t = 5/0,174 = 28,73$$

$$0,044(E/F_y) = 0,044(29\,000/42) = 30,38$$

$$D/t < 0,044(E/F_y)$$

$$28,73 < 30,38$$

CHEQUEA

Límite de esbeltez en la columna, donde $K=1$ y se tiene una longitud entre arriostre y breiza de $3,60 \text{ m} = 142 \text{ plg}$.

$$KL/r < 4 * \sqrt{(E/F_y)} \quad 13,2a, \quad AISC 314 - 05$$

$$KL/r = 1 * 142/3,41 = 41,64$$

$$4 * \sqrt{\left(\frac{E}{F_y}\right)} = 4 * \sqrt{\left(\frac{29\ 000}{42}\right)} = 105,11$$

$$\frac{KL}{r} < 4 * \sqrt{\left(\frac{E}{F_y}\right)}$$

$$41,64 < 105,11$$

CHEQUEA

Diseño por compresión, donde $\phi_c = 0,90$, $F_{cr} = 37,89 \text{ Ksi}$, $A_g = 10,60 \text{ plg}^2$.

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g \quad \text{Capítulo AISC 360 - 10}$$

$$\phi_c P_n = 0,90 * 37,89 * 10,60 = 361,47 \text{ Kip}$$

Comprobando cargas:

$$\text{Carga de diseño} = 26,53 \text{ ton} = 58,37 \text{ Kips}$$

361,47 Kips > 58,37 Kips

Si cumple, por lo tanto se propone utilizar tubo cuadrado HSS10X0,375.

- Diseño de tensores

La sección de la pieza que se va a utilizar a tensión, es un problema sencillo del diseño, como no existe peligro de pandeo, los cálculos se reducen a la simple división de la carga entre el esfuerzo de trabajo a tensión del acero, lo que da el área neta necesaria de la sección transversal, de aquí la selección que tenga dicha área.

El tipo de pieza a usar puede depender más del tipo de su conexión en el extremo que de cualquier otro factor. Para el diseño de los tensores se seleccionó un tubo cuadrado HSS5X0,188 extrayendo las siguientes propiedades de diseño del manual AISC:

Acero: A500 Gr B (Round) Tabla 2-3 AISC 360-10

$F_y = 42,00 \text{ Ksi}$
 $F_u = 58,00 \text{ Ksi}$
 $D = 5 \text{ plg}$
 $t = 0,174 \text{ plg}$
 $r = 3,41 \text{ plg}$
 $E = 29\,000 \text{ Ksi}$

Capacidad sísmica de los tensores:

$$D/t < 0,044(E/F_y) \text{ Tabla I - 8 - 1 AISC 314 - 05}$$

$$D/t = 5/0,174 = 28,73$$

$$0,044 (E/F_y) = 0,044(29\ 000/42) = 30,38$$

$$D/t < 0,044(E/F_y)$$

$$28,73 < 30,38 \quad \text{CHEQUEA}$$

Límite de esbeltez en los tensores, donde $K=1$ y se tiene una longitud del primer tensor o breiza de $8,16\text{ m} = 321,18\text{ plg}$.

$$KL/r < 4 * \sqrt{(E/F_y)} \quad 13,2a, \quad \text{AISC 314 - 05}$$

$$KL/r = 1 * 321,18/3,34 = 96,16$$

$$4 * \sqrt{\left(\frac{E}{F_y}\right)} = 4 * \sqrt{\left(\frac{29\ 000}{42}\right)} = 105,11$$

$$\frac{KL}{r} < 4 * \sqrt{\left(\frac{E}{F_y}\right)}$$

$$96,16 < 105,11 \quad \text{CHEQUEA}$$

Diseño por compresión, donde $\phi_c = 0,90$, $F_{cr} = 25,66\text{ Ksi}$, $A_g = 2,64\text{ plg}^2$.

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g \text{ Capitulo AISC 360 - 10}$$

$$\phi_c P_n = 0,90 * 25,66 * 2,64 = 60,97 \text{ Kip}$$

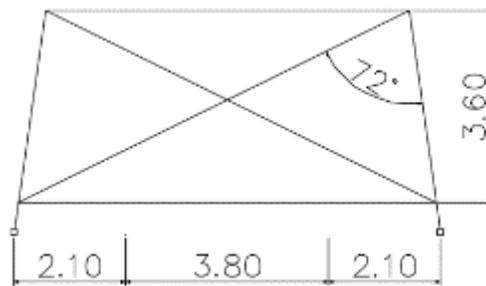
Comprobando cargas:

Carga de diseño= 26,53 ton= 58,37 Kips

$$60,97 \text{ Kips} > 58,37 \text{ Kips}$$

Si cumple, por lo tanto se propone utilizar tubo cuadrado HSS5X0,188.

Figura 22. **Tensores del tanque**



Fuente: elaboración propia.

- Diseño de pieza horizontal (Arriostres)

Utilizando un tubo cuadrado HSS10X0,625 con las siguientes propiedades:

$$\begin{aligned}
F_y &= 42,00 \text{ Ksi} \\
F_u &= 58,00 \text{ Ksi} \\
D &= 4,68 \text{ plg} \\
t &= 0,272 \text{ plg} \\
r &= 3,34 \text{ plg} \\
E &= 29\,000 \text{ Ksi}
\end{aligned}$$

Capacidad sísmica de la pieza horizontal:

$$D/t < 0,044(E/F_y) \text{ Tabla I - 8 - 1 AISC 314 - 05}$$

$$D/t = 4,68/0,272 = 17,20$$

$$0,044 (E/F_y) = 0,044(29\,000/42) = 30,38$$

$$D/t < 0,044(E/F_y)$$

$$17,20 < 30,38 \quad \text{CHEQUEA}$$

Límite de esbeltez de la pieza horizontal, donde $K=1$ y se tiene una longitud del primer arriostre de $8,00 \text{ m} = 314,88 \text{ plg}$.

$$KL/r < 4 * \sqrt{(E/F_y)} \quad 13,2a, \quad \text{AISC 314 - 05}$$

$$KL/r = 1 * 314,88/3,34 = 94,27$$

$$4 * \sqrt{\left(\frac{E}{F_y}\right)} = 4 * \sqrt{\left(\frac{29\,000}{42}\right)} = 105,11$$

$$\frac{KL}{r} < 4 * \sqrt{\left(\frac{E}{F_y}\right)}$$

$$94,27 < 105,11 \quad \text{CHEQUEA}$$

Diseño por flexo-compresión, donde $\phi_c = 0,90$, $F_{cr} = 32,43 \text{ Ksi}$, $A_g = 17,20 \text{ plg}^2$.

$$P_c = \phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g \text{ Capítulo AISC 360 – 10}$$

$$P_c = \phi_c P_n = 0,90 * 32,43 * 17,20 = 502,02 \text{ Kips}$$

Comprobando cargas:

$$\text{Carga de diseño} = 5,06 \text{ ton} = 11,16 \text{ Kips}$$

$$502,02 \text{ Kips} > 11,16 \text{ Kips}$$

Si cumple, por lo tanto se propone utilizar tubo cuadrado HSS10X0,625.

Se debe analizar por esfuerzos a compresión y flexión, aplicando la fórmula de combinación de esfuerzos:

$$-\frac{P_s}{F_a} \pm -\frac{MC}{F_b} \leq 1$$

Donde:

- Ps = Carga de sismo en cada columna del mismo eje
- A = Área de la sección
- Fa = Esfuerzo unitario permisible
- M = Momento actuante
- C = Distancia del centroide a la fibra extrema o radio externo
- Fb = Esfuerzo de trabajo en flexión

Utilizando un tubo cuadrado HSS10X0,625 con las siguientes características tabuladas en el manual AISC:

Donde:

- Carga puntual (P) = 200 libras (1 persona)
- Peso por pie lineal = 20 lb
- Ag = 17,20 plg²
- Centroide diámetro externo = 3,3125 plg
- Longitud (1er arriostre) = 8 m= 314,96 plg= 26,25 pies
- Momento de inercia = 28,14 plg⁴
- Fa = 13,72 Tabla 1-36 Manual AISC
- Fb = Esfuerzo de trabajo en flexión= 0,5 * Fy
- Carga de diseño = 5,06 ton= 11,16 Kips

Análisis por combinación de esfuerzos:

Momento actuante:

$$M_a = M_{carga\ puntual} + M_{carga\ distribuida}$$

$$Ma = \frac{PL}{4} = \frac{WL^2}{8}$$

$$Ma = \frac{200 * 26,25}{4} + \frac{20 * 26,25^2}{8}$$

$$Ma = 3\,035,16 \text{ lbs} - \text{pie} = 3,04 \text{ kips} - \text{pie} = 36,42 \text{ kips} - \text{pulg}$$

Aplicando la fórmula de combinación de esfuerzos:

$$-\frac{\frac{11,16}{17,20}}{13,72} \pm \frac{\frac{36,42 * 3,3125}{28,14}}{21} \leq 1$$

$$-0,047 \pm 0,204 \leq 1 \quad 0,157 \leq 1 \quad \text{CHEQUEA} \quad -0,251 \leq 1 \quad \text{CHEQUEA}$$

- Información para soldadura y colocación de pernos

La soldadura resiste aproximadamente 2 000 lb/plg, para calcular la longitud de soldadura de un miembro se debe relacionar esta resistencia con la carga actuante en el miembro y la longitud disponible para la soldadura.

Para determinar la longitud de la soldadura se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_s = \frac{T}{R_s}$$

Donde:

Longitud de soldadura (Ls) en pulgadas

Carga crítica (T) = 16,37 ton

Resistencia de soldadura = Rs= 2 000 lb/plg= 0,907 ton/plg

$$L_s = \frac{16,37}{0,907} = 18,05 \text{ plg}$$

- Dimensiones de pernos

La resistencia del acero en corte es aproximadamente 10 000 lb/plg², para calcular la resistencia de los pernos de un diámetro determinado, los cálculos se reducen a la división de la carga actuante en el miembro y la resistencia máxima del acero en corte.

Pernos para tensores:

$$A_{req} = \frac{T}{FC}$$

Donde:

Areq = Área neta necesaria

Fc = Esfuerzo permisible de corte 10 000 lb/plg²= 10 kips/plg²=
4,55 ton/plg²

Carga crítica (T) = 16,37 Ton

$$A_{req} = \frac{16,37 \text{ ton}}{4,55 \text{ ton/plg}^2} = 3,60 \text{ plg}^2$$

Un perno de 1 1/2" tiene un área de 1,77 plg², esto de acuerdo al manual de AISC, por lo que el número de pernos necesarios serán:

$$No. tornillos = \frac{Areq}{Atornillo} = \frac{3,60}{1,77} = 2,03 = 2 \text{ tornillos de } 1 \frac{1}{2}"$$

Se propone utilizar 2 pernos de 1 1/2" en cada unión, para cubrir un área de 3,60 pulgadas cuadradas.

- Placa base para las columnas

Para evitar la falla de punzonamiento en el concreto es importante que esta placa base se tenga en contacto fijo con la base de la columna; esta placa se fija con la soldadura a la columna y mediante tornillos de anclaje se fija a la cimentación.

Para determinar el área de la placa se debe de dividir la carga de la columna entre el esfuerzo unitario de compresión permisible del concreto; este último pudiendo ser de 0,25 f'c cuando toda el área está cubierta por la placa e igual a 0,375 f'c, cuando el área de la placa es un tercio del área del concreto, como se observa a continuación.

$$Areq = \frac{Pt}{Fp}$$

Donde:

Areq = Área de la placa en plg²

Pt = Carta total= Peso total del tanque lleno + peso total de la torre

Fp = Esfuerzo permisible de compresión en el pedestal de concreto (lb/plg²)

Pt = Peso del tanque lleno por columna o carga resultante (C.R.) + peso de la torre por columna

$$P_{\text{torre}} = (\text{Peso de columnas} + \text{Peso de arriostres} + \text{Peso de tensores})$$

$$\text{Peso de columnas} = \text{Longitud} * \text{Peso lineal}$$

$$= 4 * 49,21 \text{ pie} * 28,55 \text{ lb/pie} = 5\,619,78 \text{ lb}$$

$$\text{Peso de arriostres} = \text{Longitud} * \text{Peso lineal}$$

$$= 314,46 \text{ pie} * 20,00 \text{ lb/pie} = 6\,289,20 \text{ lb}$$

$$\text{Peso de tensores} = \text{Longitud} * \text{Peso lineal}$$

$$= 630,18 \text{ pie} * 12,80 \text{ lb/pie} = 8\,066,30 \text{ lb}$$

$$\text{Peso de la torre} = 5\,619,78 + 6\,289,20 + 8\,066,30 = 19\,975,28 \text{ lb} = 19,98 \text{ kips}$$

$$\text{Carga resultante (CR): } 17,04 \text{ ton} = 37,57 \text{ kips}$$

$$\text{Peso de la torre por columna } 19,98 \text{ kips} / 4 = 5,00 \text{ kips}$$

$$P_t = 37,57 \text{ kips} + 5,00 \text{ kips} = 42,57 \text{ kips} = 42\,570 \text{ lb}$$

$$A_{req} = \frac{42\,570 \text{ lb}}{1\,000 \text{ lb/plg}^2} = 42,57 \text{ pulg}^2$$

$$\text{Lado de la placa} = \sqrt{A_{req}} = \sqrt{42,57} = 6,52 \text{ pulg}$$

Pero como el tubo es de 8 plg, un lado de 6,52 plg. Entonces el espacio es muy reducido para la colocación de los tornillos de anclaje, por lo que se usará una placa 12,0 * 12,0 pulgadas.

Para determinar el espesor de la placa se utilizará la siguiente ecuación:

$$t = \sqrt{\frac{3pm^2}{Fb}}$$

Donde:

- t = Espesor de la placa en pulgadas
- P = Presión real sobre el pedestal de concreto
- m = Proyección de la placa, por fuera de la columna en pulgadas
- Pt = Peso de la torre
- Fb = Esfuerzo permisible en la fibra extrema de la placa de apoyo

$$p = \frac{Pt}{B * C} = \frac{42\,570}{12 * 12} = 295,63 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$m = \frac{C - \phi}{2} = \frac{12'' - 6''}{2} = 3 \text{ pulg}$$

Fb: según especificaciones del manual AISC el valor de Fb será de 0,75 Fy para acero A-36. Por tanto, el valor de Fb es igual a 27 000 lb/plg².

$$t = \sqrt{\frac{3pm^2}{Fb}} = \sqrt{\frac{3 * 295,63 * 3^2}{27\,000}} = 0,544 \text{ plg}, \quad \text{se utilizá 5/8" comercial}$$

Se propone utilizar una placa cuadrada de 12 * 12 pulgadas de un espesor de 5/8 de pulgada.

- Cimentación

Es el elemento estructural encargado de transferir las cargas actuantes de la estructura hacia el suelo, siendo su finalidad garantizar la estabilidad y evitar daños; eso obteniéndose mediante un dimensionamiento y armado adecuado.

- Diseño de pedestal

El pedestal es un elemento de transición entre la columna metálica y la zapata, este permite distribuir la carga en el parte superior de la zapata, aliviando la intensidad de presión de apoyo directo, permitiendo una zapata más delgada o con menos esfuerzo. Permite también que la columna esté elevada sobre el suelo y no tenga contacto directo con el mismo evitando así la corrosión.

Para dimensionamiento del pedestal se considerará una sección de 0,40 * 0,40 m y una altura de 3 * a, donde a es el ancho, entonces h= 3 * (0,40)= 1,20 m.

Se debe determinar si la columna (pedestal) es corta, intermedia o larga, mediante la relación de esbeltez. El manual ACI señala los siguientes parámetros:

- Si $E < 21$ Columna corta
- $21 < E < 100$ Columna intermedia
- $E > 100$ Columna larga

La relación de esbeltez resulta del cálculo mediante la fórmula:

$$E = \frac{K * Lu}{r}$$

Donde:

K = Factor de pandeo, se tomará $K=1$

Lu = Longitud libre entre apoyos en m

r = Radio de giro de la sección en m

En el manual ACI se especifica: $r = 0,3 * b$ para columnas cuadradas o rectangulares y $r = 0,25 * \emptyset$ para columnas circulares.

$$E = \frac{1 * 1,20}{(0,3 * 0,4)} = 10 < 21, \quad \text{columna corta}$$

- Armado de pedestal

El diseño del pedestal se obtiene mediante la fórmula del ACI para el cálculo de la resistencia última a compresión pura en la columna, que es:

$$Pu = \phi * (0,85 * f'c * (Ag - As) + Fy * As)$$

Donde:

- Pu = Resistencia última de la columna en kg
- Φ = Factor de compresión igual a 0,75
- Ag = Área de la sección de la columna en cm²
- As = Área de acero en cm²
- f_c = Resistencia nominal del concreto (280 kg/cm²)
- Fy = Resistencia de fluencia del acero (2 818,19 kg/cm²)

El As se tomará como el acero mínimo, de acuerdo al ACI se tomará como 1 % del área de la sección de la columna; 1 % * (40 * 40)= 16 cm².

$$Pu = 0,75 * (0,85 * 280 * (1 600 - 16) + 2 818,19 * 16) = 316 562,28 \text{ kg}$$

$$Pu = 698 010,83 \text{ lb}$$

Para comprobar la carga última:

$$Pu > Pt \text{ (sobre la placa base)}$$

$$698,01 \text{ kips} > 42,57 \text{ kips} \quad \text{CHEQUEA}$$

Para el refuerzo por corte, el manual ACI señala un espaciamiento mínimo, igual o menor a la mitad del diámetro efectivo, con un recubrimiento mínimo de 2,5 centímetros.

$$S = d/2$$

$$d = \text{lado de la sección} - (2,50 \text{ cm} * 2)$$

$$S = \frac{40 - (2,5 * 2)}{2} = 17,5 \text{ cm}$$

Se propone un armado para cada pedestal de 8 varillas No.5 y estribos No.3 a cada 15 cm (8 No.5 + Est. No. 3 @ 0,15 m).

- Cimiento corrido

Evitando corrimiento entre zapatas, se propone colocar un cimiento corrido simple de 15 * 30 centímetros, con un armado de 4 varillas No.4 y estribos No.2 a cada 20 centímetros (4 No.4+Est. No.2 @ 0.20m), fundido con concreto de proporción 1:2:3 para lograr una adecuada resistencia.

2.2.15.2. Diseño de la Zapata

Peso total de la estructura (Pt)

Peso del cuerpo del tanque = 67,50 ton

Peso de la torre = 19,98 kips= 9,06 ton

Peso del pedestal= $0,40 * 0,40 * 1,20 * 2400 \text{ kg/cm}^3 = 460,8 \text{ kg} = 0,46 \text{ Ton}$

Pt= Peso del depósito + Peso de la torre + Peso de pedestales

$$Pt = 67,50 \text{ ton} + 9,06 \text{ ton} + 4 (0,46 \text{ ton}) = 78,40 \text{ ton}$$

La estabilidad del conjunto está asegurada cuando se cumplen las siguientes 2 condiciones:

$$Xu < L * \frac{1}{6}$$

Coeficiente de estabilidad:

$$CE = \frac{Me}{MV} > 1,5$$

Donde:

Xu = Distancia de desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte

L = Distancia de centro de columnas

CE = Coeficiente de estabilidad

MV = Momento de volteo en Ton-m

Me = Momento estabilizante en Ton-m

$$Xu = \frac{MV}{PT}$$

$$MV = FS * H$$

$$Me = PT * l$$

Donde:

FS = Fuerza del sismo en ton

H = Altura desde la base del pedestal hasta la mitad del depósito en m

Pt = Peso total de la estructura en ton

l = La mitad entre la separación de dos columnas consecutivas en m

$$FS = 10 \% * Pt = 7,84 \text{ ton}$$

$$H = 1,20 + 15 + 5,30/2 = 18,85 \text{ m}$$

$$MV = 7,84 * 18,85 = 147,78 \text{ ton} - \text{m}$$

$$Me = 78,40 * \frac{8}{2} = 313,60 \text{ ton} - \text{m}$$

$$Xu = \frac{147,78}{78,40} = 1,88 \text{ m}$$

$$L * \frac{1}{6} = \frac{\sqrt{8^2 + 8^2}}{6} = 1,89 \text{ m}$$

$$1,89 \text{ m} > 1,88 \text{ m} \quad \text{CHEQUEA}$$

$$CE = \frac{313,60}{147,78} = 2,12 > 1,5 \quad \text{CHEQUEA}$$

- Dimensionamiento de la zapata

Para dimensionar la zapata, área y espesor, se debe chequear la presión sobre el suelo, el corte simple, el corte punzonante y el esfuerzo a flexión.

Para el diseño se tomará un valor soporte de 15 Ton/m² proporcionado por la municipalidad.

El área de la zapata se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Az = \frac{F_{if} * P'}{Vs}$$

Donde:

A_z = Área de la zapata en m^2

F_{if} = Factor de incremento por flexión = 1,5

P' = Carga de trabajo en Ton, PT/4

V_s = Valor soporte del suelo

$$A_z = \frac{1,5 * \frac{78,40}{4}}{15} = 1,96 m^2$$

$$\text{Lado de la zapata} = \sqrt{A_z} = \sqrt{1,96} = 1,40$$

Al utilizar una sección de zapata de 1,40 * 1,40 m, la carga sobre el suelo excede el valor soporte del suelo, por lo que se propone una zapata cuadrada de 1,60 * 1,60 m ($A = 2,56 m^2$).

Carga de diseño:

$$P = P' * 1,5 + P_{\text{suelo}} + P_{\text{zapata}}$$

$$P = 19,60 * 1,5 + 3,50 + 1,84 = 34,74 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{dis}\mu} = \frac{P}{A_z}$$

$$q_{\text{dis}\mu} = \frac{34,74}{2,56} = 13,57 \text{ Ton}/m^2$$

$$V_s > q_{\text{dis}\mu}$$

$$15 \text{ Ton}/m^2 > 13,57 \text{ Ton}/m^2 \quad \text{CHEQUEA}$$

Estimación del peralte efectivo (d)

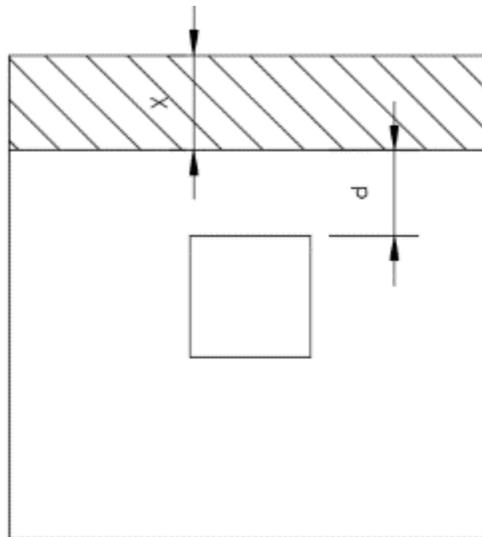
$$t_{asumido} = 30 \text{ cm}$$

$$d = t - rec - 0,5 * \phi_{var}$$

$$d = 30 - 7,50 - 0,5 * (0,625 \text{ plg} * 2,54 \text{ cm}) = 21,71 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple

Figura 23. Corte simple



Fuente: elaboración propia.

Área de cortante simple:

$$x = B/2 - b/2 - d$$

$$x = \frac{1,6}{2} - \frac{0,4}{2} - 0,2171 = 0,383 \text{ m}$$

$$A_v = 0,383 * 1,6 = 0,613 \text{ m}^2$$

Cortante actuante:

$$V_{act} = q_u * A_v = 13,57 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 0,613 \text{ m}^2 = 8,32 \text{ ton}$$

Cortante resistente del concreto:

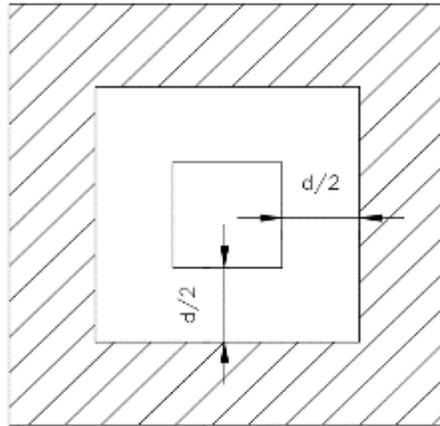
$$V_c = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * B * d}{1\ 000}$$

$$V_c = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 160 * 21,71}{1\ 000} = 26,19 \text{ ton}$$

El cortante resistente del concreto (26,19 ton) es mayor que el cortante actuante (8,32 ton), por lo que chequea a corte simple con el peralte propuesto de 30 centímetros.

- Chequeo por punzonamiento

Figura 24. **Corte punzonante**



Fuente: elaboración propia.

Perímetro interno:

$$b_o = 4 * (d+b)$$

$$b_o = 4 * (0,2171+0,40) = 2,47 \text{ m}$$

Área de punzamiento:

$$A_p = B^2 - (b+d)^2$$

$$A_p = 1,60^2 - (0,40+0,2171)^2 = 2,18 \text{ m}^2$$

Cortante actuante:

$$V_{act} = q_u * A_p = 13,57 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 2,18 \text{ m}^2 = 29,58 \text{ ton}$$

Cortante resistente del concreto:

$$V_c = \frac{0,85 * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d}{1\ 000}$$

$$V_c = \frac{0,85 * 1,06 * \sqrt{280} * 247 * 21,71}{1\ 000} = 80,85\ ton$$

El cortante resistente del concreto (80,85 ton) es mayor que el cortante actuante (29,58 ton), por lo que chequea a corte punzonante con el peralte propuesto de 30 centímetros.

- Diseño de refuerzo por flexión

Para conocer el refuerzo por flexión se debe considerar la zapata como una losa en voladizo.

Momento último:

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2}$$

$$L = \frac{1,60 - 0,40}{2} = 0,60$$

$$M_u = \frac{13,57 * (0,60)^2}{2} = 2,44\ ton - m$$

Acero requerido:

$$A_{s_{req}} = \frac{0,85 * f'c}{fy} \left[bd - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} \right]$$

$$A_{s_{req}} = \frac{0,85 * 280}{2800} \left[100 * 21,71 - \sqrt{(100 * 21,71)^2 - \frac{(2,44 * 1000) * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_{s_{req}} = 4,52 \text{ cm}^2$$

Acero minino:

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2800} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2800} * 100 * 21,71 = 10,93 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero mínimo es mayor que el acero requerido, se utiliza el acero mínimo para realizar el armado de las zapatas.

Armado de cama inferior de la zapata.

Usando barras de acero corrugado #5:

$$10,93 \text{ cm}^2 \longrightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,98 \text{ cm}^2 \longrightarrow S \text{ cm}$$

$$S = 18,11 \text{ cm}$$

Utilizar barras # 5 @ 18 cm en ambos sentidos:

Refuerzo por temperatura para proteger la zapata de fisuración por retracción.

Cálculo de A_{st} :

$$A_{s_t} = 0,002 * b * d$$

$$A_{s_{min}} = 0,002 * 100 * 30 = 6 \text{ cm}^2$$

Usando barras de acero corrugado #5:

$$6 \text{ cm}^2 \longrightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,98 \text{ cm}^2 \longrightarrow S \text{ cm}$$

$$S = 33 \text{ cm}$$

Utilizar barras # 5 @ 30 cm en ambos sentidos.

2.2.16. Diseño de la red de distribución

La red de distribución para el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Cumbre de Guadalupe ubicada en la aldea Santa Rosita del municipio de Villa Canales, se diseñó como un sistema abierto, el cual está constituido por varios tramos en toda la línea de distribución y considerando los parámetros de diseño descritos anteriormente en el inciso 2.2.8.

Como ejemplo se diseñará el tramo número 5 de la red, tomando el tramo desde E-7002 a E-8006 y el cálculo se realizara de la siguiente manera:

Datos del tramo cinco:

Número de viviendas = 120 viviendas
Cota inicial = 1 567,72 m
Cota final = 1 548,88 m
Distancia horizontal = 180,82 m

El primer paso es calcular la población futura para este tramo, realizando el cálculo de la siguiente forma:

$$Pa = D_{hab} * viv_{act} \quad [hab]$$

$$Pa = \frac{5 \text{ habitantes}}{\text{vivienda}} * 120 \text{ viviendas}$$

$$Pa = 600 \text{ hab}$$

Por lo tanto:

$$Pf = 600 * (1 + 0,031)^{21}$$

$$Pf = 1 140 \text{ hab}$$

Se procede a calcular el número de viviendas que existirán en el futuro según la densidad de vivienda poblacional de manera inversa al cálculo de la población futura del tramo, como se muestra a continuación:

$$P_f = D_{hab} * viv_f$$

$$viv_f = \frac{1\ 140\ hab}{5 \frac{hab}{casa}}$$

$$viv_f = 228\ casas$$

Ahora procederemos a calcular el caudal de vivienda (Q_v) por medio del número de viviendas en el tramo y el caudal unitario de vivienda ($Q_{uni\ viv}$) para este tramo, utilizando el siguiente procedimiento:

$$Q_v = Q_{uni\ viv} * No.\ viviendas\ por\ tramo\ [lts/seg]$$

$$Q_v = 0,0152 * 228$$

$$Q_v = 3,47\ lts/seg$$

Se continúa calculando el caudal instantáneo de la siguiente manera:

$$Q_{inst} = K * \sqrt{n - 1} \quad [lts/seg]$$

Donde:

k = 0,15 para menos de 55 viviendas

$k = 0,20$ para más de 55 viviendas

$n =$ Número de viviendas del tramo

Sustituyendo datos se obtiene:

$$Q_{inst} = 0,2 * \sqrt{228 - 1}$$

$$Q_{inst} = 3,01 \text{ lts/seg}$$

Se toma únicamente el caudal mayor entre el caudal de vivienda e instantáneo. En este caso se toma caudal de vivienda que es el mayor entre los dos caudales, por lo cual se utilizara para el diseño.

A continuación se procede a calcular el diámetro de la tubería, antes de esto se debe calcular la diferencia de alturas, de esta forma:

$$H = Cota_o - Cota_f$$

Donde:

H = Diferencia de alturas (m)

$Cota_o$ = Cota inicial (m)

$Cota_f$ = Cota final (m)

$$H = 1\ 567,72 \text{ m} - 1\ 548,88 \text{ m}$$

$$H = 18,84 \text{ m}$$

Calculo del diámetro teórico para este tramo, para esto se debe emplear la ecuación de Hazen-Williams despejada de la siguiente manera:

$$\emptyset = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * H_f}}$$

Donde:

- \emptyset = Diámetro nominal de la tubería en plg.
- H_f = Pérdida de carga por fricción en m.
- L = Longitud del tramo en m.
- Q = Caudal conducido en lts/seg.
- C = Coeficiente de fricción de Hazen Williams, que depende de la rugosidad del material, tubería PVC es de 150 adimensional.

Sustituyendo datos se obtiene:

$$\emptyset = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811141 * 180,82 * 3,47^{1,85}}{150^{1,85} * 18,84}}$$

$$\emptyset = 1,76''$$

Al tener el resultado del diámetro teórico procedemos a calcular las pérdidas de acuerdo al diámetro interno, aplicando la ecuación de Hazen-Williams y para este tramo se utilizara el diámetro comercial de 2" de 160 PSI, por lo que para el diámetro elegido tenemos un diámetro interno de 2,193", establecido en el "Listado de precios 2018, MEXICHEM Building & Estructure, Amanco, 16 de febrero 2018" el cual sigue la norma ASTM D-2241 (IPS). (PVC1120), El cálculo es el siguiente:

$$H_f = \frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,85}}{150^{1,85} * \phi^{4,87}}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga por fricción en m.

L = Longitud del tramo en m.

Q = Caudal conducido en lts/seg.

C = Coeficiente de fricción de Hazen Williams, que depende de la rugosidad del material, tubería PVC es de 150 adimensional.

ϕ = Diámetro interno de la tubería en plg.

$$H_f(2") = \frac{1\,743,811141 * 180,82 * 3,47^{1,85}}{150^{1,85} * 2,193^{4,87}} = 6,48 \text{ m}$$

Calculo de la velocidad para diámetro de 2":

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = Caudal de la tubería en lts/seg

A = Área transversal de la tubería en m^2

V = Velocidad del fluido en la tubería en m/s

Despejando la ecuación y sustituyendo los datos del tramo 5, se obtiene:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{3,47 \frac{l}{s} * 1/1\,000 \text{ m}^3/s}{\frac{\pi}{4} * (2,193'' * 0,0254 \text{ m/in})^2}$$

$$V = 1,42 \text{ m/s}$$

Cálculo de cota piezométricas:

$$\text{Cota piezométrica inicial} = 1\,623,16 - 9,75 = 1\,613,41 \text{ m}$$

$$\text{Cota piezométrica final} = 1\,613,41 - 6,48 = 1\,606,93 \text{ m}$$

Cálculo de la presión dinámica:

$$\text{Presión dinámica inicial} = 1\,613,41 - 1\,567,72 = 45,69 \text{ m}$$

$$\text{Presión dinámica final} = 1\,606,93 - 1\,548,88 = 58,05 \text{ m}$$

Los cálculos se desarrollaron de la misma forma para los demás tramos del sistema de distribución, por lo tanto, ver en el apéndice 3.

2.2.17. Obras hidráulicas

También son llamadas obras de arte, se utilizan en línea de conducción y a lo largo del recorrido de la tubería de distribución, según se presenten las necesidades en los puntos que puedan afectar el funcionamiento del sistema.

2.2.17.1. Caja de válvulas o de registro

El principal objetivo de estas cajas es el de proteger de cualquier peligro las válvulas que se instalen en el sistema, por otra parte, estas se emplean para tener el control de las válvulas y así poder manejar el caudal para aislar algún sector que necesite mantenimiento o que sufriera algún daño, las dimensiones de estas cajas será en fusión de las dimensiones de las válvulas que se instalen, estas cajas deberán de considerar tener el espacio necesario para que la operación y mantenimiento sea fácil de realizar.

2.2.17.2. Conexiones domiciliar o predial

Este tipo de conexión no es más que la tubería y los accesorios que llevan el servicio de agua desde la red de distribución al interior de la vivienda, esta debe ser instalada continuas al cerco de las viviendas para que el costo de realizar estas conexiones no sea tan elevado. En otras palabras por medio de esta conexión los habitantes tendrán el acceso al agua potable en sus viviendas, a través de un grifo el cual se instala dentro de lote o predio con el cual cada familia pueda proveerse del vital líquido.

2.2.17.3. Válvulas de compuerta

Las válvulas de compuerta pueden ser de hierro fundido, de bronce y de plástico. Las primeras se emplean principalmente para diámetros de 6"; en adelante, las de bronce son más económicas que las de hierro fundido de 4" de diámetro y menos; las de plástico se emplean en los equipos dosificadores de solución de hipoclorito de calcio.

Cuando se diseña un acueducto debe especificarse el tipo de válvula, el diámetro y la presión de servicio. Según el uso que se les destine, las válvulas de compuerta pueden ser de limpieza, para seccionar tramos de tuberías y a la entrada y salida de tanques y otras estructuras.

- Válvulas de compuerta para limpieza

Estas válvulas sirven para extraer de la tubería la arena, hojas o cualquier otro cuerpo que haya ingresado a la tubería, los cuales tienden a depositarse en los puntos bajos del perfil.

2.2.18. Sistema de desinfección

Para este proyecto se utilizará un alimentador automático de tricloro instalado en serie con tubería de conducción, en la salida de la bomba dentro de la caseta de bombeo. La cantidad de litros que se tratarán a través del sistema será el caudal de bombeo por doce horas al día.

Las tabletas de tricloro son pastillas de 200 gramos, con una solución de cloro al 90 % y 10 % de estabilizador. La velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gramos en 24 horas. Para determinar la cantidad de tabletas al mes para clorar el caudal de bombeo se hace mediante la siguiente expresión:

Donde:

- G = Gramos de tricloro
m = Miligramos por litro deseados
a = Litros de agua a tratarse por día

d = Número de días

% CL = Concentración de cloro

La cantidad de gramos de tricloro oscila entre 0,07 % y 0,15 %, éste depende del caudal de bombeo a tratar, para este proyecto (3,56 lts/seg= 307 584 lts/día) se utilizará un valor del 0,1 %, por lo que se tiene:

$$G = \frac{0,001 * 246\ 240 * 30}{0,9} = 10\ 252,80\ gr$$

$$\text{Número de tabletas} = \frac{1\ \text{Tableta}}{200\text{gr}} * 10\ 252,80\ gr = 52\ \text{tabletas}$$

El cálculo muestra que se deben de utilizar mensualmente, 52 tabletas, estas deberán de ser colocadas en el alimentador, en forma gradual.

2.2.19. Presupuesto del proyecto

La tabla IX describe el presupuesto del proyecto de sistema de abastecimiento de agua potable.

Tabla IX. Presupuesto del proyecto

| MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE VILLA CANALES | |   | | | |
|---|---|---|----------------|-----------------|------------------------|
| Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE RED DE DISTRIBUCIÓN PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA | | | | | |
| Municipio: VILLA CANALES | | | | | |
| Departamento: GUATEMALA | | | | | |
| Fecha: NOVIEMBRE 2019 | | | | | |
| No. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
| TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | Levantamiento topográfico | 1850,23 | ml | Q. 2,79 | Q. 5 162,14 |
| 2 | Exacavación | 1850,23 | ml | Q. 2,16 | Q. 4 000,00 |
| LÍNEA DE IMPULSIÓN | | | | | |
| 3 | Tubería HG Ø 3" 700 PSI | 1833,47 | ml | Q. 110,56 | Q. 202 714,77 |
| 4 | Sistema de bombeo, desinfección y caseta de control | 1 | Global | Q. 158 518,84 | Q. 158 518,84 |
| 5 | Tanque metálico elevado de 60 m ³ | 1 | Global | Q. 394 801,39 | Q. 394 801,39 |
| LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN | | | | | |
| 6 | Tubería PVC Ø 2 1/2" 160 PSI | 16,76 | ml | Q. 66,74 | Q. 1 118,57 |
| 7 | Tubería PVC Ø 2" 160 PSI | 796,82 | ml | Q. 48,26 | Q. 38 457,47 |
| 8 | Tubería PVC Ø 1 1/2" 160 PSI | 405,64 | ml | Q. 34,12 | Q. 13 839,66 |
| 9 | Tubería PVC Ø 1 1/4" 250 PSI | 196,81 | ml | Q. 35,74 | Q. 7 034,54 |
| 10 | Tubería PVC Ø 1" 250 PSI | 297,30 | ml | Q. 25,30 | Q. 7 521,58 |
| 11 | Accesorios | 1 | Global | Q. 11 491,16 | Q. 11 491,16 |
| 12 | Válvula de compuerta Ø 3" + caja | 1 | Unidad | Q. 3 626,97 | Q. 3 626,97 |
| 13 | Válvula de compuerta Ø 2 1/2" + caja | 1 | Unidad | Q. 3 628,32 | Q. 3 628,32 |
| 14 | Relleno de zanja | 666,08 | m ³ | Q. 168,90 | Q. 112 501,49 |
| 15 | Conexión predial | 195 | Global | Q. 1 018,91 | Q. 198 688,00 |
| TOTAL | | | | | Q. 1 162 744,91 |

Un millón ciento sesenta y dos mil setecientos cuarenta y cuatro punto noventa y un centavos

Fuente: elaboración propia.

2.2.20. Impacto ambiental

Según el Acuerdo Gubernativo No. 137-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el Estudio de evaluación de impacto ambiental - EIA-, es el documento técnico que permite identificar y predecir, con mayor profundidad de análisis, los efectos sobre el ambiente que ejercerá un proyecto, obra, industria o actividad que por sus características se ha considerado como de moderado y de alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental según el Listado Taxativo. Así mismo, el Acuerdo Ministerial No. 199-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), contiene un listado taxativo que se menciona en su definición, la cual permite la clasificación de proyectos en función del impacto ambiental de los mismos. La categoría para este proyecto es la C que corresponde a actividades de bajo impacto ambiental, siendo un proyecto nuevo de sistema de agua potable, por lo que es necesario el llenado del formulario de Evaluación Ambiental Inicial (forma DVGA-GA-R-002).

En el apéndice 4 se muestra el formulario para este proyecto el cual debe de ser presentado ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

2.2.21. Cronograma de ejecución

Para la ejecución del cronograma se describe en la tabla X.

Tabla X. Cronograma de ejecución

| MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---|---|
| PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE RED DE DISTRIBUCIÓN PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA | | | | | | | | | | | | | |
| MUNICIPIO: VILLA CANALES | | | | | | | | | | | | | |
| DEPARTAMENTO: GUATEMALA | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2019 | | | | | | | | | | | | | |
| No. | DESCRIPCIÓN | TOTAL | | | | | | | | | 8 | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | |
| 1 | Levantamiento topográfico | Q. 5.162,14 | ■ | | | | | | | | | | |
| 2 | Excavación | Q. 4.000,00 | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| 3 | Tubería HG Ø 3" 700 PSI | Q. 202.714,77 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 4 | Sistema de bombeo, desinfección y caseta de control | Q. 158.518,84 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 5 | Tanque metálico elevado de 60 m ³ | Q. 394.801,39 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 6 | Tubería PVC Ø 2 1/2" 160 PSI | Q. 1.118,57 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 7 | Tubería PVC Ø 1 1/2" 160 PSI | Q. 13.839,66 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 8 | Tubería PVC Ø 1 1/4" 250 PSI | Q. 7.034,54 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 9 | Tubería PVC Ø 1" 250 PSI | Q. 7.521,58 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 10 | Accesorios | Q. 11.481,16 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 11 | Válvula de compuerta Ø 3" + caja | Q. 3.626,97 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 12 | Válvula de compuerta Ø 2 1/2" + caja | Q. 3.268,32 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 13 | Relleno de zanja | Q. 112.501,49 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 14 | Conexión predial | Q. 198.688,00 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| INVERSIÓN | | | Q. 22.755.598 | Q. 64.373,78 | Q. 62.373,78 | Q. 62.373,78 | Q. 220.593,47 | Q. 397.575,01 | Q. 71.312,52 | Q. 96.947,39 | Q. 226.813,37 | | |
| PORCENTAJE DE INVERSIÓN | | | 1,96% | 5,54% | 5,56% | 18,97% | 34,19% | 6,13% | 8,34% | 8,34% | 19,51% | | |
| PORCENTAJE DE INVERSIÓN ACUMULADA | | | 1,96% | 7,49% | 12,86% | 31,83% | 66,02% | 72,16% | 80,49% | 88,83% | 100,00% | | |

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se corroboró la carencia de un plan de ordenamiento territorial debido al crecimiento desordenado y acelerado de la población; en el caserío Cumbre de Guadalupe, Villa Canales se verificó que no cuenta con un sistema de agua potable por lo cual puede provocar problemas de salubridad que pueda perjudicar la calidad de vida de los habitantes.
2. Las coordenadas obtenidas para la RAM2 del municipio de Amatitlán, Guatemala, cumplen con las especificaciones del Manual de Normas Técnicas del RIC debido a que los vectores de la red tiene una presión menor a los 10 mm + 2 partes por millón o 1 milímetro por kilómetro de la longitud de línea base. Teniendo las coordenadas precisas de cada vértice se procedió a la creación de mapas que servirán de base fundamental para la realización del plan de ordenamiento territorial.
3. El sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Cumbre de Guadalupe, aldea Santa Rosita, municipio de Villa Canales, solventará el problema de escasez de agua y proveerá a los usuarios de un servicio sin interrupción. Por las características topográficas del lugar, se determinó que el sistema de abastecimiento de agua potable sea por gravedad, el sistema de distribución será por medio de ramales abiertos cumpliendo las especificaciones con la Unidad Ejecutora del Programa de Acueducto Rurales, beneficiará a 1 605 habitantes futuros y su costo Q. 1 162 744,91.

RECOMENDACIONES

1. Cuando se requiera diseñar las redes de apoyo catastral, es importante contar con las ortofotos más recientes debido al rápido crecimiento de la población los lugares van cambiando con el tiempo y con las ortofotos más recientes se estará más apegado a la realidad.
2. Durante la realización del proyecto del sistema de agua potable, deberá contar con la contratación de personal calificado, para ejecutar la obra y contemplar la contratación de un profesional de ingeniería civil, para que no sufra modificaciones el proyecto y se cumpla con las especificaciones establecidas en planos.
3. La administración municipal de Villa Canales, previa contratación y construcción del depósito para almacenamiento de agua (tanque elevado a nivel de propuesta/ pre dimensionamiento), se realice el diseño estructural de dicho depósito.
4. Realizar inspecciones continuas al sistema de válvulas del proyecto de abastecimiento de agua potable y verificar que el equipo de desinfección funcione correctamente para brindar un servicio de calidad.

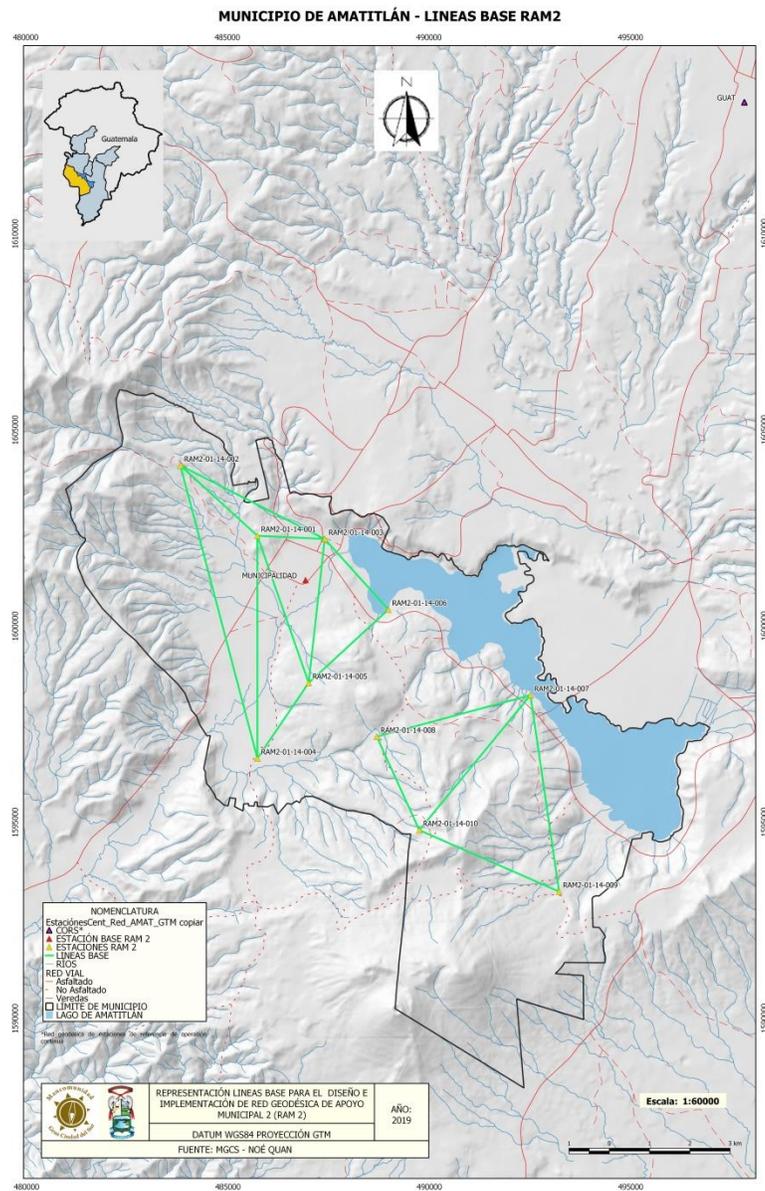
BIBLIOGRAFÍA

1. ARÉVALO VALDÉS, Jorge Alejandro. *Diseño de la línea pelo a tierra o preliminar de caminos y carreteras a partir de la información de fotografías aéreas aplicando fotogrametría*. Trabajo de graduación de maestría en Ing. Vial. Facultad de Ingeniera, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. p. 118.
2. CHÁVEZ ROCA, Pedro Antonio. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en aldea de Las Cubes y sistema de alcantarillado sanitario para cantones Rincón de Piedra, Agua Tibia y caserío el Encinón, cabecera municipal, municipio de Palencia, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. p. 220.
3. DIVAS PENSAMIENTO, José Manuel. *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral por medio de tecnología de medición satelital*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012.
p. 96.
4. EMPAGUA. *Reglamento para presentación de proyectos de agua potable*. 1a ed. Guatemala: Municipalidad de Guatemala, 2001.
p. 32.

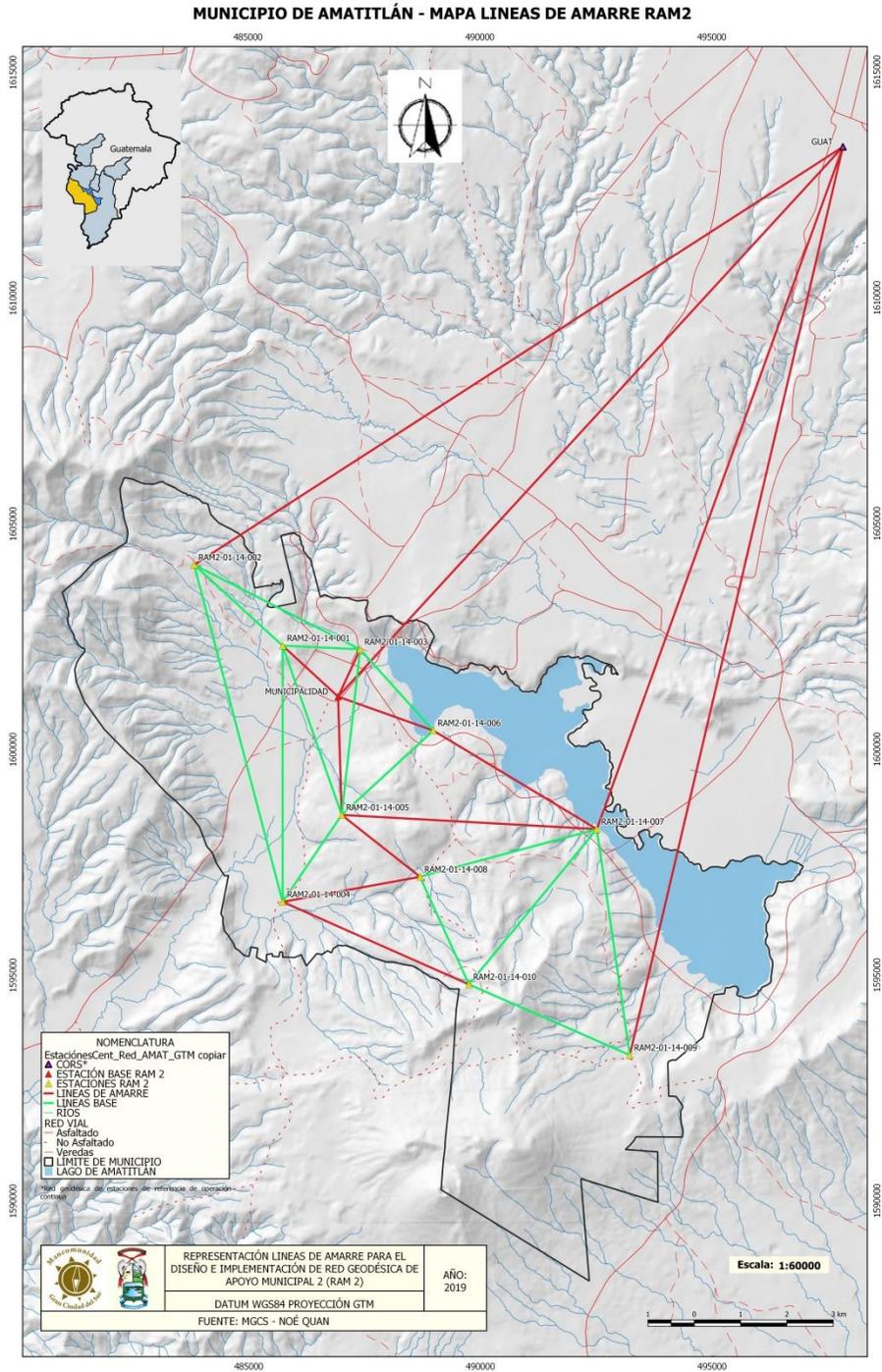
5. HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, Manglio Heriberto. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, para la colonia Tierra Verde, Siquinalá, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. p. 152.
6. INFOM – UNEPAR. *Normas de dibujo topográfico e hidráulico para la elaboración de planos para la construcción de acueductos rurales de UNEPAR*. Guatemala, 2009. p. 41.
7. INFOM-UNEPAR. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. 2da edición. Guatemala: INFOM, 1997. p. 61.
8. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento*. Guatemala, 1991. p. 64.
9. RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño Estructural de Tanques Metálicos Elevados en la República de Guatemala*. Trabajo de graduación de Maestría en Estructuras. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. p. 201.
10. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. p. 170.

APÉNDICES

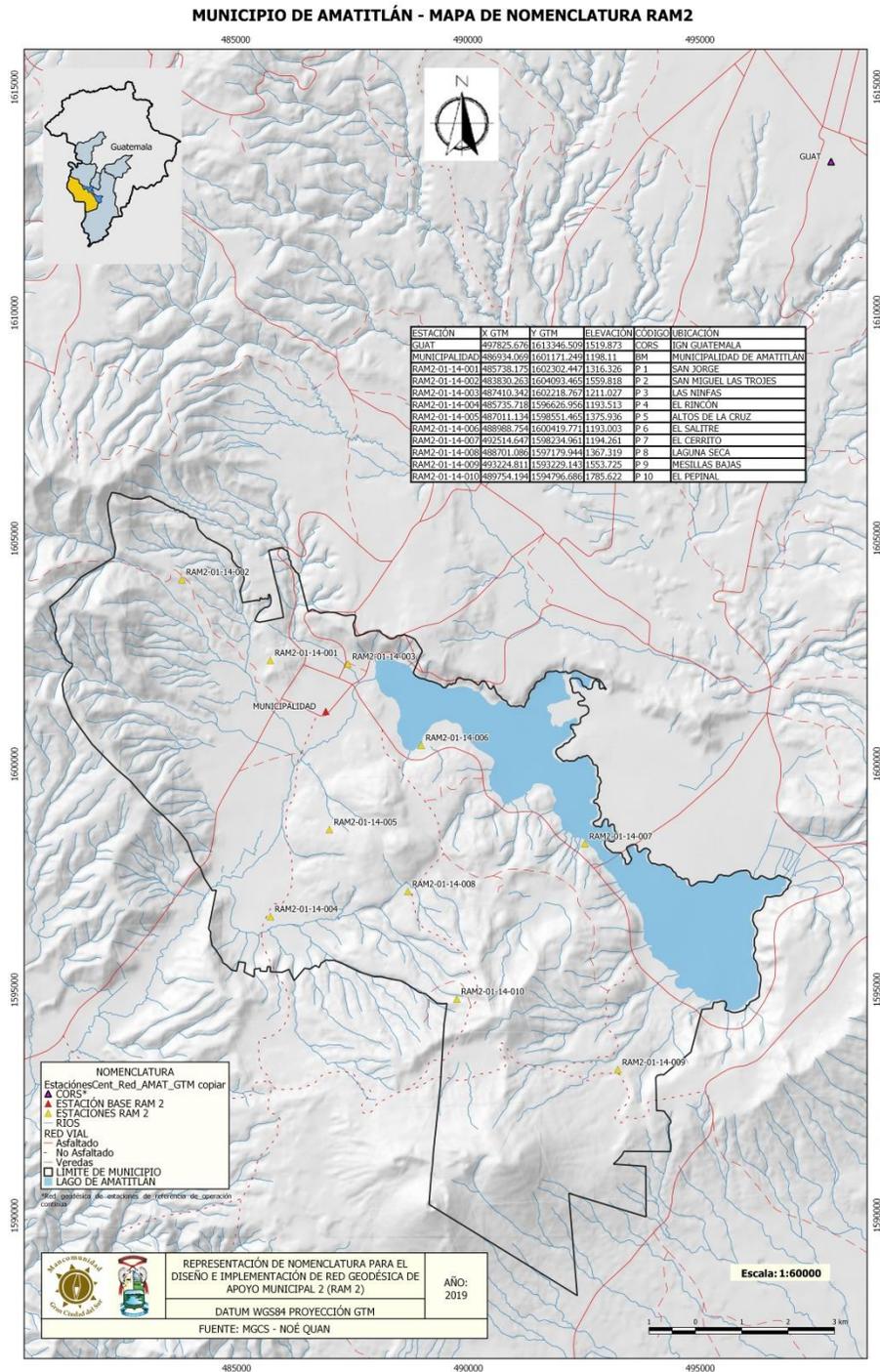
Apéndice 1. Mapas temáticos de la RAM2, Amatitlán



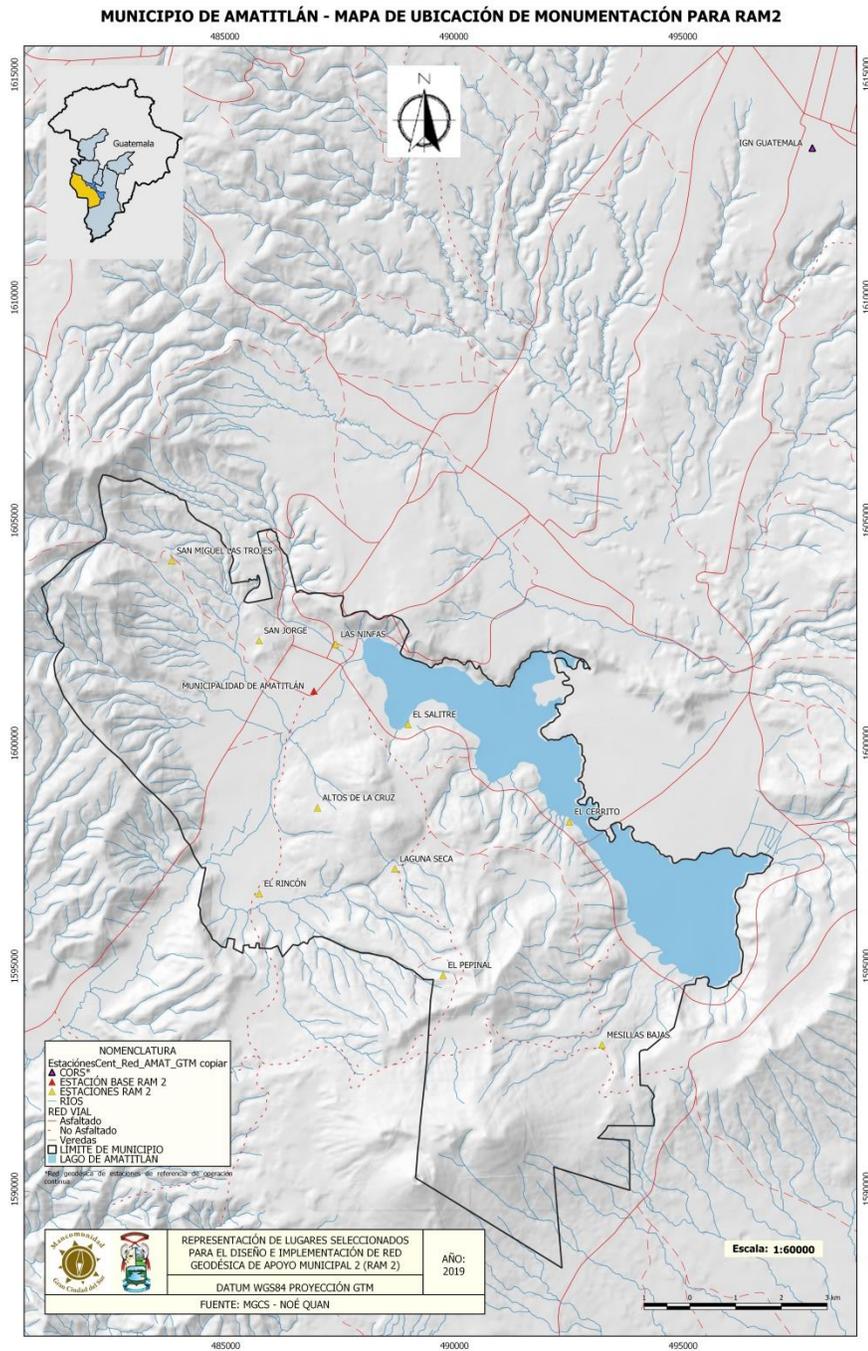
Continuación del apéndice 1.



Continuación del apéndice 1.



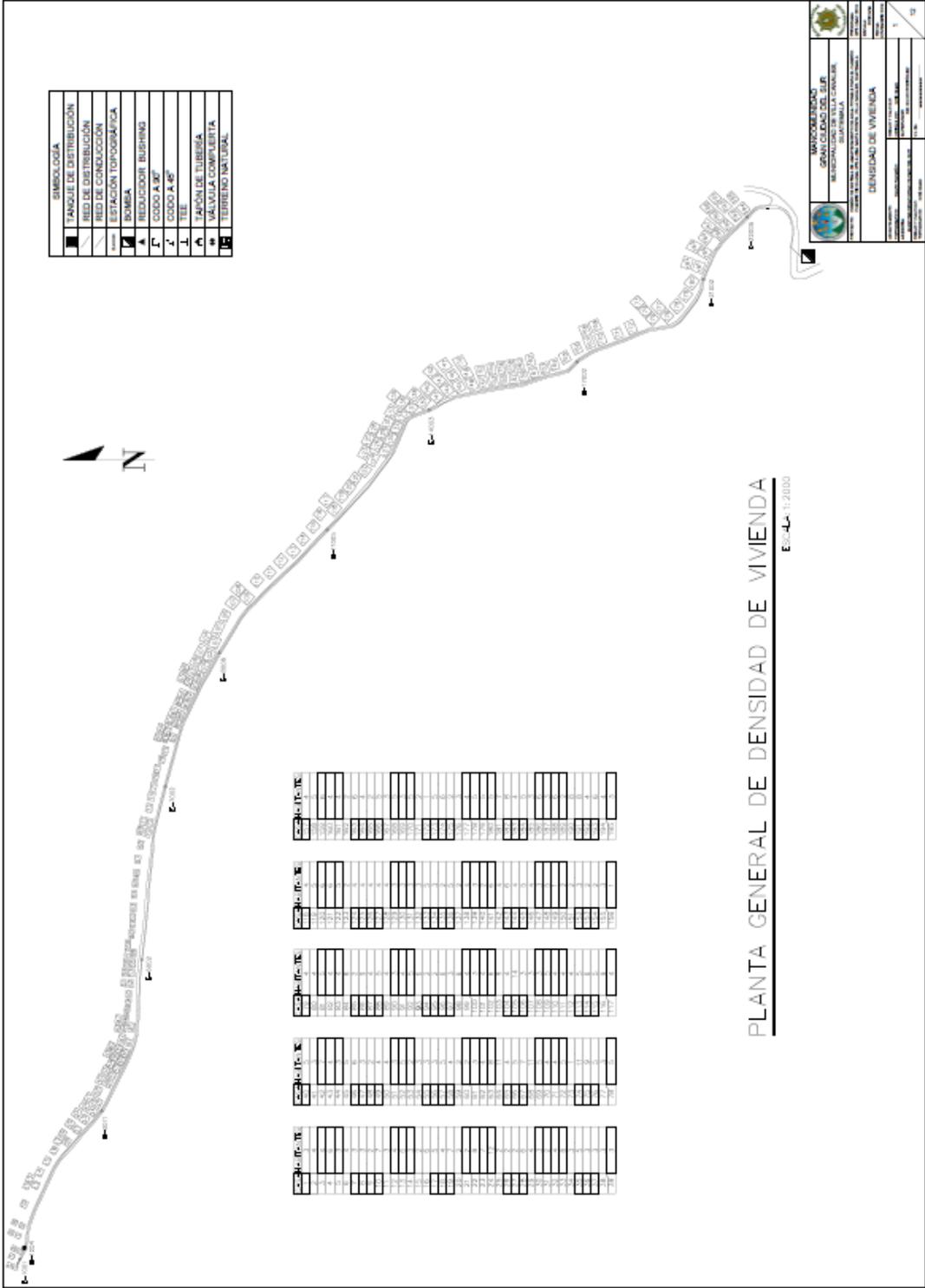
Continuación del apéndice 1.



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

Apéndice 2. **Juego de planos del sistema de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Cumbre de Guadalupe aldea Santa Rosita, Villa Canales, Guatemala.**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.



SIMBOLOGÍA

| | |
|----------|------------------------|
| [Symbol] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [Symbol] | RED DE DISTRIBUCIÓN |
| [Symbol] | RED DE CONDUCCIÓN |
| [Symbol] | ESTACIÓN TOPOGRÁFICA |
| [Symbol] | BOMBA |
| [Symbol] | REDUCCION BURRING |
| [Symbol] | CODOO A 90° |
| [Symbol] | CODOO A 45° |
| [Symbol] | TEE |
| [Symbol] | TAPON DE TUBERIA |
| [Symbol] | VALVULA COMPLETA |
| [Symbol] | TERRENO NATURAL |

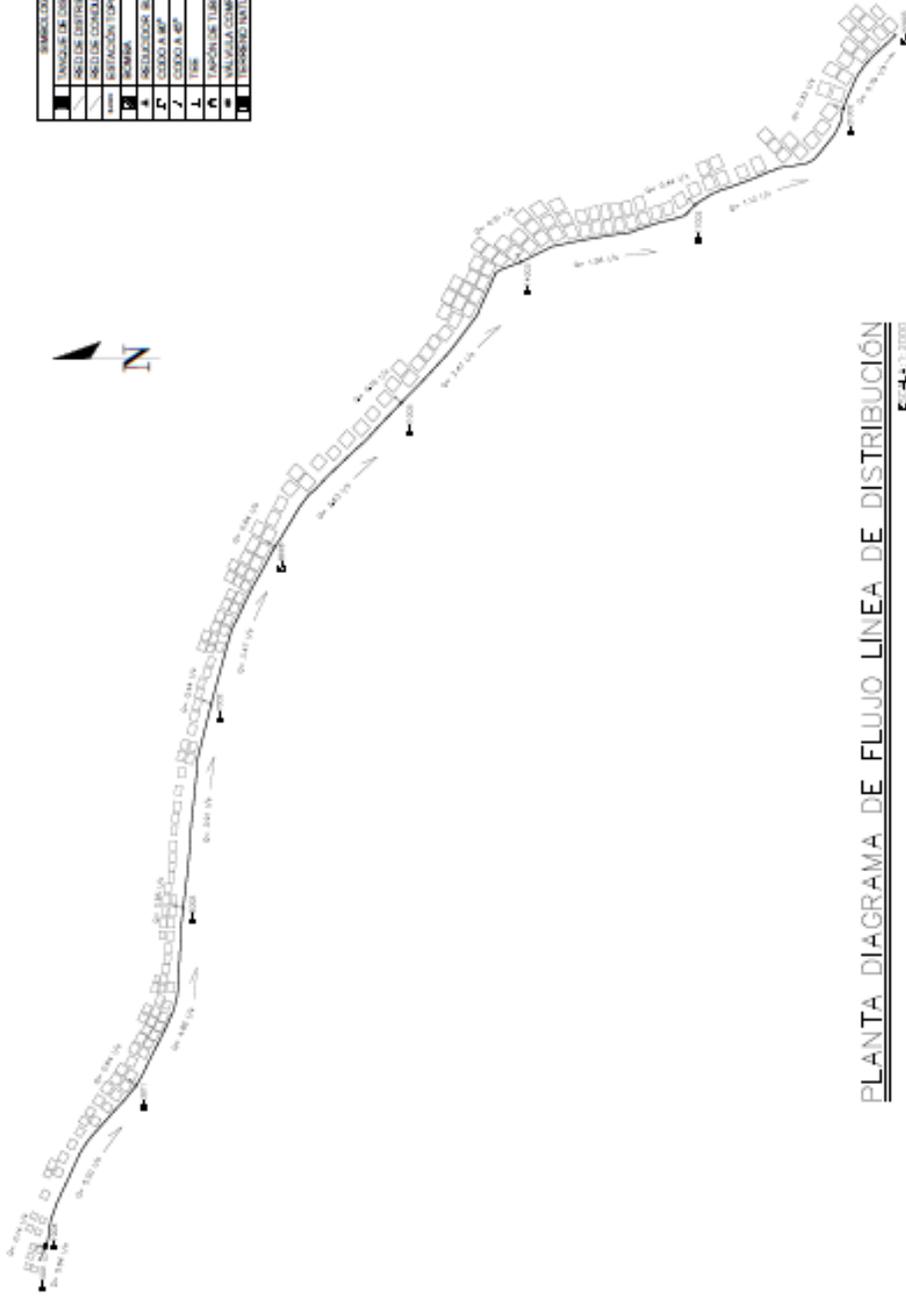


| | |
|--|---|
| | MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS CANTÓN SAN CARLOS PROVINCIA DE LOS RIOS |
| | DENSIDAD DE VIVIENDA DENSIDAD DE VIVIENDA DENSIDAD DE VIVIENDA |
| ESCALA: 1:2000 FECHA: 15/05/2018 AUTOR: [Name] DISEÑO: [Name] VERIFICACIÓN: [Name] | 1 / 13 |

| Parcela | Superficie (m ²) |
|---------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 7 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 8 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 11 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 12 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 13 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 14 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 15 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 16 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 17 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 18 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 19 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 20 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 21 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 22 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 23 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 24 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 25 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 26 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 27 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 28 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 29 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 30 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 31 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 32 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 33 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 34 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 35 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 36 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 37 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 39 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 40 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 41 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 42 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 43 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 44 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 45 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 46 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 47 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 48 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 49 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 51 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 52 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 53 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 54 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 55 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 56 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 57 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 58 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 59 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 60 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 61 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 62 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 63 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 64 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 65 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 66 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 67 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 68 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 69 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 70 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 71 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 72 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 73 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 74 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 75 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 76 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 77 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 78 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 79 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 81 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 82 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 83 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 84 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 86 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 87 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 88 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 89 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 91 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 92 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 93 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 94 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 96 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

PLANTA GENERAL DE DENSIDAD DE VIVIENDA
 ESCALA: 1:2000

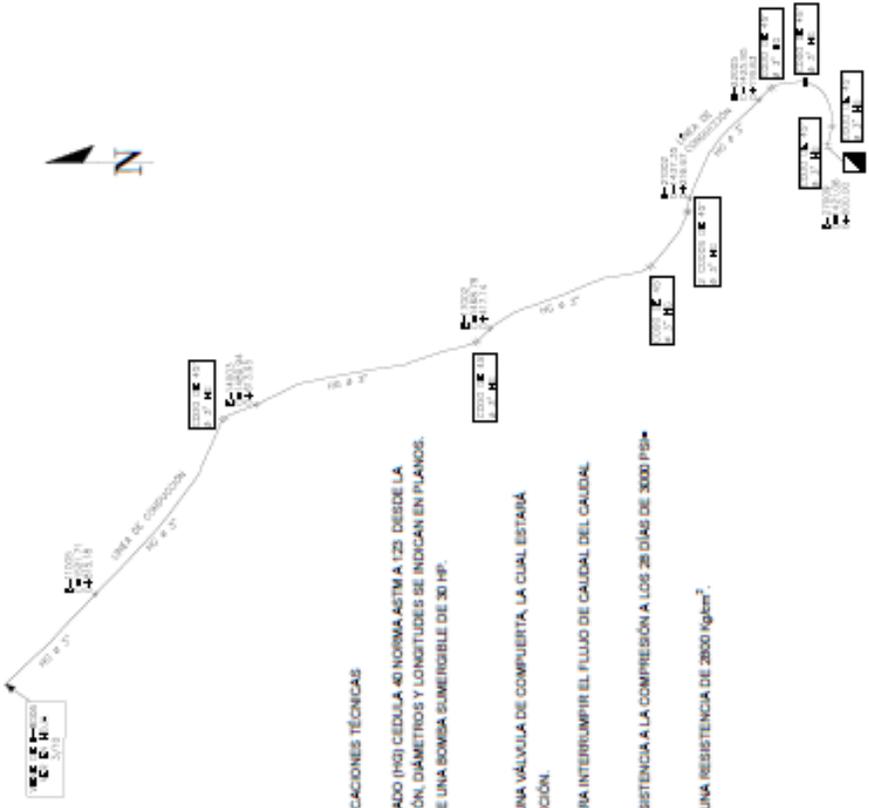
| SIMBOLOGIA | |
|------------|------------------------|
| | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| | RED DE DISTRIBUCIÓN |
| | RED DE COLECCIÓN |
| | ESTACIÓN TIPOGRÁFICA |
| | BOMBAS |
| | RESERVOIRIO SUBSUELO |
| | CEDEJA 40" |
| | CEDEJA 48" |
| | TUBO |
| | TANQUES TUBERÍA |
| | VALVULA COMPARTIDA |
| | TERRENO NATURAL |



PLANTA DIAGRAMA DE FLUJO LINEA DE DISTRIBUCIÓN
E=4:1 V=2000

| | |
|-----------------------------------|---|
| | INSTITUCIÓN EDUCATIVA UNIVERSIDAD DEL BUNO FACULTAD DE INGENIERÍA AUTÓNOMA |
| | DIAGRAMA DE FLUJO |
| FECHA: 2023-10-25 | PROFESOR: DR. JUAN CARLOS GARCÍA |
| ALUMNO: JUAN CARLOS GARCÍA | GRUPO: 1001 |
| FECHA DE ENTREGA: 2023-10-25 | FECHA DE CALIFICACIÓN: 2023-10-25 |
| FECHA DE CALIFICACIÓN: 2023-10-25 | FECHA DE CALIFICACIÓN: 2023-10-25 |

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|-------------------------|
| [Symbol] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [Symbol] | RESERVA DE DISTRIBUCIÓN |
| [Symbol] | RESERVA DE CONDUCCIÓN |
| [Symbol] | ESTACION TOPOGRÁFICA |
| [Symbol] | BOMBA |
| [Symbol] | RESERVA DE BOMBEO |
| [Symbol] | CAJILLA 40" |
| [Symbol] | CAJILLA 48" |
| [Symbol] | TRAMO DE TUBERÍA |
| [Symbol] | VÁLVULA COMPUERTA |
| [Symbol] | IMPEDIMENTO NATURAL |



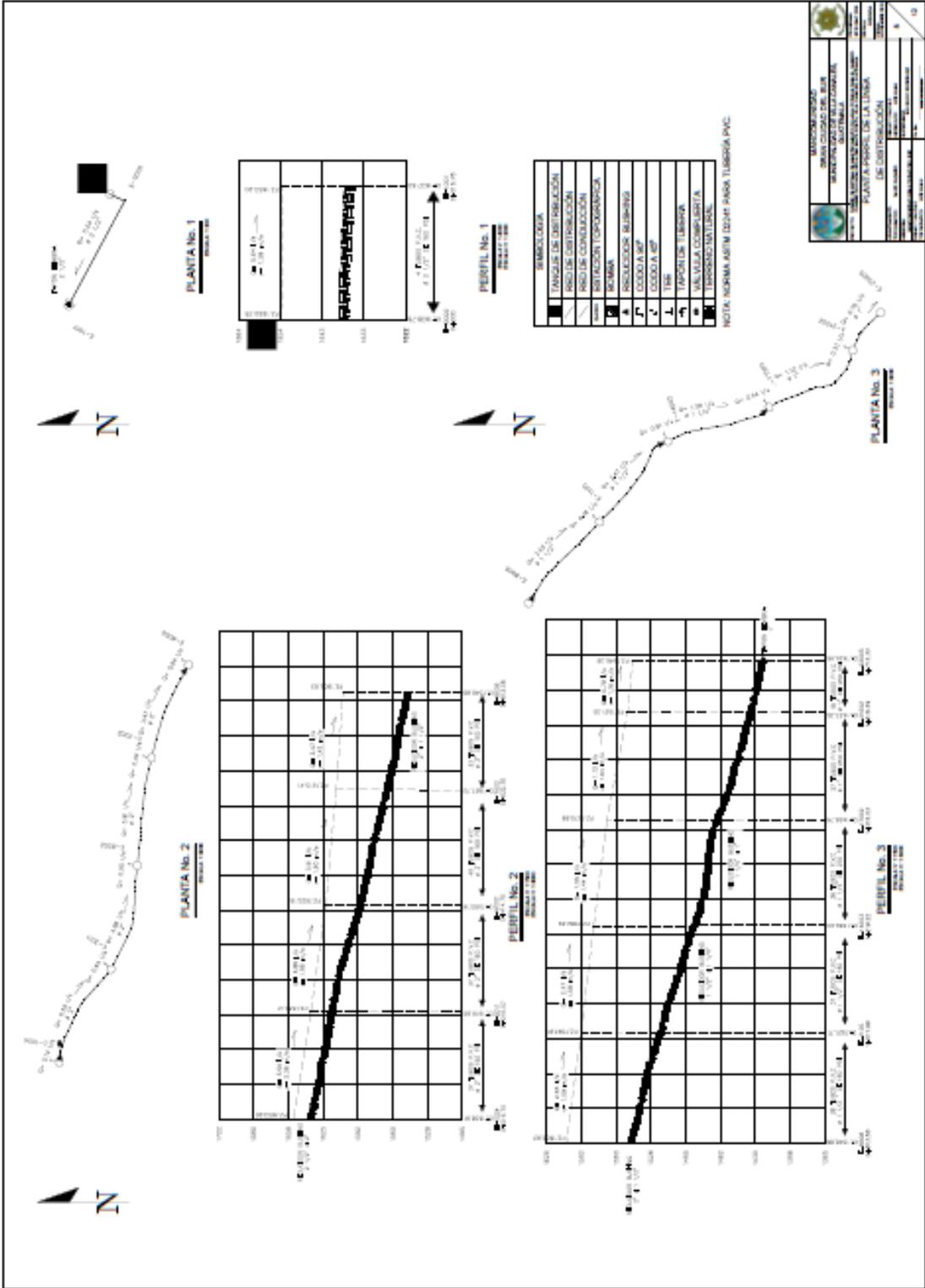
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

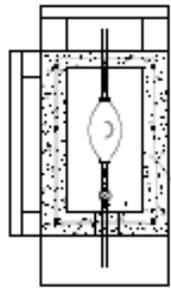
1. LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR BOMBEO
ESTA SERÁ DE TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO (HG) CEDULA 40 NORMA ASTM A 123 DESDE LA CAPTACIÓN HASTA EL TANQUE DE DISTRIBUCIÓN, DIÁMETROS Y LONGITUDES DE INDICAR EN PLANOS. ESTARÁ CONSTITUIDA POR LA INSTALACIÓN DE UNA BOMBA SUMERGIBLE DE 30 HP.
2. VÁLVULAS
 - 2.1 LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN CONTARÁ CON UNA VÁLVULA DE COMPUERTA, LA CUAL ESTARÁ COMPUERTA POR UNA CAJA PARA SU PROTECCIÓN.
 - 2.2 LAS VÁLVULAS DE COMPUERTA SIRVEN PARA INTERRUPTIR EL FLUJO DE CAUDAL DEL CAUDAL DENTRO DE LA TUBERÍA.
 - 2.3 EL CONCRETO DEBERÁ DE TENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE 3000 PSI= 210 Kg/cm².
 - 2.4 EL ACIERO DEBE SER GRADO 40 TENIENDO UNA RESISTENCIA DE 2800 Kg/cm².

PLANTA DE CONJUNTO HIDRÁULICO LINEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 2

E-4-A 1:1000

| | |
|---|------------------|
| | |
| MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE SAN FERNANDO DE APURÍMAC DEPARTAMENTO DE AYACUCHO | |
| OFICINA GENERAL DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO URBANO | |
| CONJUNTO HIDRÁULICO | |
| PLAN E-4-A | ESCALA 1:1000 |
| FECHA 2011 | HOJA 1 DE 1 |

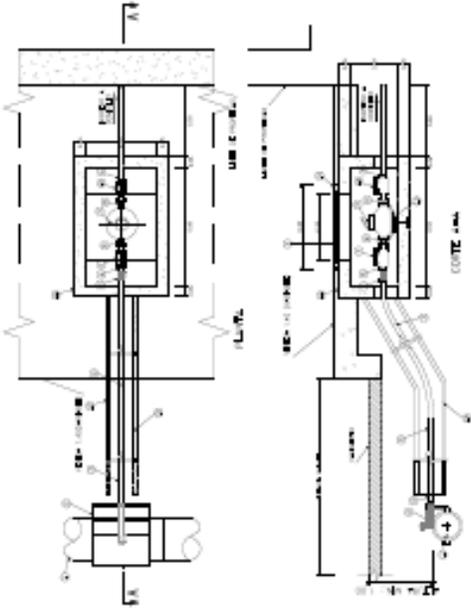




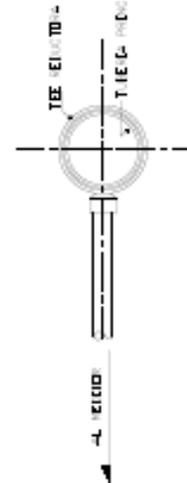
DETALLE DE CAJA PARA CONTADOR DE AGUA CONVENCIONAL
Escala: 1:5

LEYENDA
CONEXION DOMICILIARIA

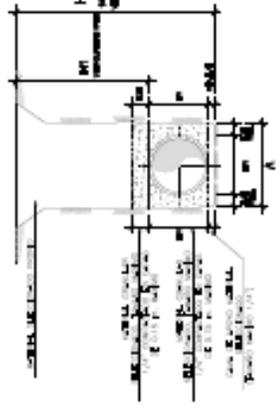
| | |
|----|--|
| 1 | TUBERIA DE ENTUBADO EN TUBERIA |
| 2 | ANILLO DE CEMENTO PARA EL CANTONAMIENTO DEL CONTADOR |
| 3 | TUBERIA DE ENTUBADO EN TUBERIA |
| 4 | ANILLO DE CEMENTO PARA EL CANTONAMIENTO DEL CONTADOR |
| 5 | TUBERIA DE ENTUBADO EN TUBERIA |
| 6 | ANILLO DE CEMENTO PARA EL CANTONAMIENTO DEL CONTADOR |
| 7 | TUBERIA DE ENTUBADO EN TUBERIA |
| 8 | ANILLO DE CEMENTO PARA EL CANTONAMIENTO DEL CONTADOR |
| 9 | TUBERIA DE ENTUBADO EN TUBERIA |
| 10 | ANILLO DE CEMENTO PARA EL CANTONAMIENTO DEL CONTADOR |
| 11 | TUBERIA DE ENTUBADO EN TUBERIA |
| 12 | ANILLO DE CEMENTO PARA EL CANTONAMIENTO DEL CONTADOR |
| 13 | TUBERIA DE ENTUBADO EN TUBERIA |
| 14 | ANILLO DE CEMENTO PARA EL CANTONAMIENTO DEL CONTADOR |
| 15 | TUBERIA DE ENTUBADO EN TUBERIA |
| 16 | ANILLO DE CEMENTO PARA EL CANTONAMIENTO DEL CONTADOR |



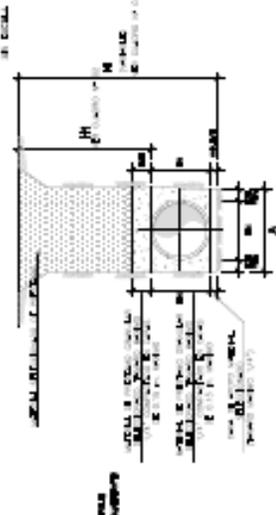
DETALLE DE CONEXION DOMICILIAR DE AGUA POTABLE CONVENCIONAL
Escala: 1:5



COMETA DOMICILIAR EN TUBERIA PRINCIPAL
Escala: 1:5



DETALLE DE ZANJA PARA TUBERIA EN TERRENO NORMAL
Escala: 1:5



DETALLE DE ZANJA PARA TUBERIA EN TERRENO EMBOCOSO/BOCOSO
Escala: 1:5

CUADRO No. 1
CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS

| TIPO DE TUBERIA | DIAMETRO | LONGITUD | ESPESOR | OTROS |
|-----------------|----------|----------|---------|-------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

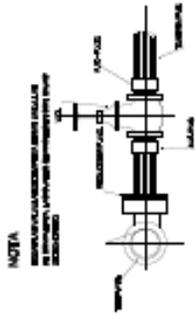
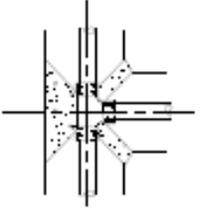
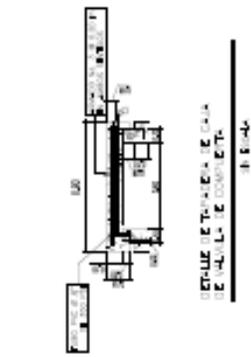
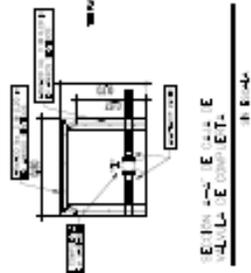
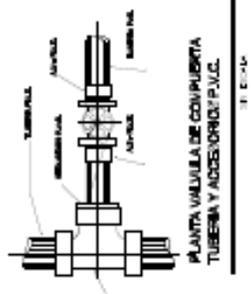
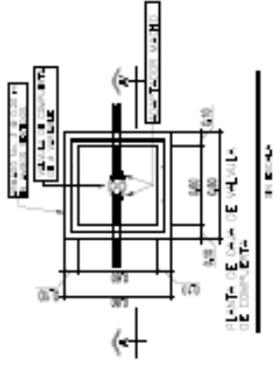
ELABORADO POR: [Nombre]
REVISADO POR: [Nombre]
AUTORIZADO POR: [Nombre]

INSTITUCION: [Nombre]
PROYECTO: [Nombre]
FECHA: [Fecha]

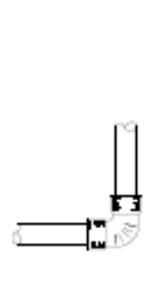
CUADRO No. 2
DETALLES

| NO. | DESCRIPCION | FECHA | ELABORADO POR | REVISADO POR | AUTORIZADO POR |
|-----|-------------|-------|---------------|--------------|----------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |





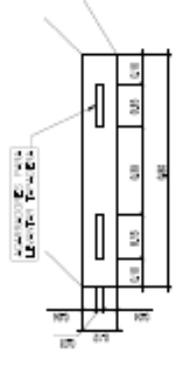
| REFERENCIAS | |
|-------------|-----------------------|
| P.V.C. | CLORURO DE POLIVINILO |
| P.B. | PERFILADO DE ALUMINIO |
| V.D. | VALVULA DE DOMINANTE |
| A.M. | ADAPTADOR MACHO |
| V.A. | VALVULA DE VASA |
| A.A. | ADAPTADOR FEMEA |



DETALLE DE TEE

DETALLE DE VALVULA

DETALLE CODO 45°



DETALLE DE AGARRADORES PARA TAPETERA DE CAJAS

DETALLE No. 1

| | |
|-------------------|--|
| | INSTITUCION TECNICA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA DE CALDAS |
| | INSTITUCION TECNICA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA DE CALDAS |
| DETALLE | |
| No. de Proyecto: | No. de Hoja: |
| Fecha: | Escala: |
| Autor: | Revisor: |
| Diseñador: | Aprobado: |
| Fecha de Emisión: | Fecha de Aprobación: |

Apéndice 3. **Diseño hidráulico de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Cumbre de Guadalupe aldea Santa Rosita, Villa Canales, Guatemala.**

Fuente: elaboración propia.

| Datos de diseño | |
|-----------------|-----------------|
| Periodo | 21,00 Años |
| Tasa | 3,10% |
| Dotación | 80,00 l/hab/día |
| Densidad | 5,00 hab/casa |

| | |
|----------------|---------|
| TOTAL DE CASAS | 195,00 |
| HAB ACTUAL | 845,00 |
| HAB FUTURO | 1605,00 |

DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN

| Estación | Posición | COTA | | DH (m) | Población actual | Población futura (hab) | Viviendas actuales | Viviendas futuras | Q unitario |
|----------|----------|---------|---------|--------|------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------|
| | | inicial | Final | | | | | | |
| TANQUE | E-1001 | 1638,78 | 1637,60 | 16,76 | 845,00 | 1605,00 | 195,00 | 371,00 | 0,0152 |
| E-1004 | E-3011 | 1638,91 | 1619,68 | 199,81 | 823,33 | 1564,00 | 190,00 | 361,00 | 0,0152 |
| E-3011 | E-6002 | 1619,68 | 1593,16 | 198,19 | 728,00 | 1383,00 | 168,00 | 319,00 | 0,0152 |
| E-6002 | E-7002 | 1593,16 | 1567,72 | 218,00 | 675,00 | 1282,00 | 135,00 | 257,00 | 0,0152 |
| E-7002 | E-8006 | 1567,72 | 1548,88 | 180,82 | 600,00 | 1140,00 | 120,00 | 228,00 | 0,0152 |
| E-8006 | E-1105 | 1548,88 | 1521,71 | 204,41 | 455,00 | 864,00 | 91,00 | 173,00 | 0,0152 |
| E-1105 | E-14003 | 1521,71 | 1489,94 | 201,23 | 351,00 | 667,00 | 81,00 | 154,00 | 0,0152 |
| E-14003 | E-17002 | 1489,94 | 1468,79 | 196,81 | 270,00 | 513,00 | 54,00 | 103,00 | 0,0152 |
| E-17002 | E-21002 | 1468,79 | 1437,35 | 200,46 | 150,00 | 285,00 | 30,00 | 57,00 | 0,0152 |
| E-21002 | E-22005 | 1437,35 | 1425,95 | 96,84 | 75,00 | 143,00 | 15,00 | 29,00 | 0,0152 |

DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN

| Q vivienda (l/s) | Q instantaneo | Q usado (l/s) | H (m) | Φ teo (in) | Φ com (in) | Φ in (in) | h real (m) | Vel (m/s) | Chequeo Vel | COTA PIEZOMETRICA | |
|---------------------|------------------|---------------|-------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------------|---------|
| | | | | | | | | | | Inicio | Final |
| 5,64 | 3,84 | 5,64 | 1,18 | 2,30 | 2,50 | 2,655 | 0,58 | 1,58 | Si cumple | 1653,78 | 1653,20 |
| 5,50 | 3,79 | 5,50 | 19,23 | 2,13 | 2,00 | 2,193 | 16,79 | 2,26 | Si cumple | 1653,20 | 1636,41 |
| 4,86 | 3,57 | 4,86 | 26,52 | 1,90 | 2,00 | 2,193 | 13,25 | 1,99 | Si cumple | 1636,41 | 1623,16 |
| 3,91 | 3,20 | 3,91 | 25,44 | 1,80 | 2,00 | 2,193 | 9,75 | 1,60 | Si cumple | 1623,16 | 1613,41 |
| 3,47 | 3,01 | 3,47 | 18,84 | 1,76 | 2,00 | 2,193 | 6,48 | 1,42 | Si cumple | 1613,41 | 1606,93 |
| 2,63 | 2,62 | 2,63 | 27,17 | 1,51 | 1,50 | 1,754 | 13,02 | 1,69 | Si cumple | 1606,93 | 1593,91 |
| 2,34 | 2,47 | 2,47 | 31,77 | 1,42 | 1,50 | 1,754 | 11,42 | 1,58 | Si cumple | 1593,91 | 1582,49 |
| 1,56 | 1,51 | 1,56 | 21,15 | 1,29 | 1,25 | 1,464 | 11,50 | 1,44 | Si cumple | 1582,49 | 1570,99 |
| 0,87 | 1,12 | 1,12 | 31,44 | 1,05 | 1,00 | 1,161 | 19,64 | 1,64 | Si cumple | 1570,99 | 1551,35 |
| 0,43 | 0,79 | 0,79 | 11,40 | 0,98 | 1,00 | 1,161 | 4,97 | 1,16 | Si cumple | 1551,35 | 1546,38 |

DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN

| PRESIÓN (m.c.a.) | | | PRESIÓN (PSI) | | Cantidad de Tubos | PSI de tubos |
|------------------|--------|-----------|---------------|--------|-------------------|--------------|
| Inicio | Final | Cumple | Inicio | Final | | |
| 15,00 | 15,60 | Si cumple | 21,43 | 22,29 | 4,00 | 160,00 |
| 14,28 | 16,73 | Si cumple | 20,41 | 23,90 | 37,00 | 160,00 |
| 16,73 | 30,00 | Si cumple | 23,90 | 42,85 | 37,00 | 160,00 |
| 30,00 | 45,69 | Si cumple | 42,85 | 65,27 | 40,00 | 160,00 |
| 45,69 | 58,05 | Si cumple | 65,27 | 82,92 | 33,00 | 160,00 |
| 58,05 | 72,20 | Si cumple | 82,92 | 103,14 | 38,00 | 160,00 |
| 72,20 | 92,55 | Si cumple | ##### | 132,21 | 37,00 | 160,00 |
| 92,55 | 102,20 | Si cumple | ##### | 146,00 | 36,00 | 250,00 |
| 102,20 | 114,00 | Si cumple | ##### | 162,85 | 37,00 | 250,00 |
| 114,00 | 120,43 | Si cumple | ##### | 172,04 | 18,00 | 250,00 |

Apéndice 4. **Impacto Ambiental**

Fuente: elaboración propia.

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

| INSTRUCCIONES | | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|--|--|
| L.3 Teléfono: 86368181 Correo electrónico: _____ | | |
| L.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento) | | |
| Caserio Cumbre de Guadalupe Aldea Santa Rosita, Villa Canales, Guatemala | | |
| Especificar Coordenadas UTM o Geográficas | | |
| Coordenadas geográficas Datum WGS84 | | Coordenadas Geográficas Datum WGS84 |
| TANQUE METALICO LAT: 14°25'48.42"N LON: 90°30'20.10"O | | POZO LAT: 14°25'13.43"N LON: 90°29'38.02"O |
| L.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento) | | |
| 8ª. Calle 1-84 zona 1, Villa Canales, Guatemala | | |
| L.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo | | |
| II. INFORMACION GENERAL | | |
| Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes: | | |
| II.1 Etapa de Construcción | Operación | Abandono |
| <ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar 1. Trazado y nivelación 2. Zanjeo 3. Retiro de material 4. Colocación de tubería 5. Relleno lateral, inicial y final en tubería 6. Compactación 7. Retiro de material sobrante • Insumos necesarios 1. Agua potable 2. Energía eléctrica 3. Combustibles 4. Aceites 5. Refrigerantes • Maquinaria 1. Retroexcavadora 2. Camiones de volteo 3. Computadora 4. Cortadora de asfalto • Otros de relevancia 1. Bodega | <ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos 1. Topografía 2. Limpieza de tuberías 3. Mantenimiento de tuberías 4. Prohibir conexiones ilegales • Materia prima e insumos 1. Agua Potable 2. Energía Eléctrica • Maquinaria 1. Camiones • Productos y Subproductos (bienes y servicios) 1. Bomba de agua potable 2. Servicios de limpieza municipal • Horario de Trabajo 1. 8 horas • Otros de relevancia | <ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre 1. Entrega de planos hidráulicos a la colonia 2. Reunión con autoridades locales y municipales 3. Diseño de nueva red de distribución de agua potable. |



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

II.3 Área

- a) Área total de terreno en metros cuadrados: 1,197,750
- b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 120,000
- Área total de construcción en metros cuadrados: 9,600

| INSTRUCCIONES | | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|
| II.4 Actividades colindantes al proyecto: | | |
| NORTE <u>Montañas</u> | SUR <u>Viviendas</u> | |
| ESTE <u>Viviendas</u> | OESTE <u>Montañas</u> | |
| Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.): | | |
| DESCRIPCION | DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE) | DISTANCIA AL PROYECTO |
| Viviendas y montañas | Norte y Sur | 3 metros |
| Viviendas y montañas | Este y Oeste | 3 metros |
| II.5 Dirección del viento: <u>Sureste</u> | | |
| II.6 En el área donde se ubica la actividad, ¿a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto? | | |
| a) inundación (X) | b) explosión () | c) deslizamientos (X) |
| d) derrame de combustible () | e) fuga de combustible () | d) incendio () e) Otro () |
| Detalle la información <u>En el caserío Cumbre de Guatemala cuenta con topografía irregular por lo que se corre el riesgo a deslizamiento.</u> | | |
| II.7 Datos laborales | | |
| a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____ | | |
| b) Número de empleados por jornada <u>20-30</u> Total empleados <u>30</u> | | |
| II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO... | | |
| Si | | |

INSTRUCCIONES

PARA USO INTERNO DEL MARN



**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

| CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS... | | | | | | | |
|--|---------------------|-------|----------------------------------|---------------|------------|-------------------------------------|----------------------------|
| | Tipo | Si/No | Cantidad/ (mes día y hora) | Proveedor | Uso | Especificaciones u observaciones | Forma de almacenamiento |
| Agua | Servicio publico | Si | 120 lt/hora | Municipalidad | Riego | | Cisterna |
| | Pozo | Si | 34069 lt/hora | Municipalidad | Consumo | | |
| | Agua especial | Si | 80 lt/ hora | Privado | Beber | | Botellas |
| Combustible | Superficial | No | | | | | |
| | Otro | | | | | | |
| | Gasolina | Si | 40 Gal/di a | Gasolinera | Maquinaria | | Recipientes |
| | Diesel | Si | 75 Gal/di a | Gasolinera | Maquinaria | | Recipientes |
| | Bunker | No | | | | | |
| | Glp | No | | | | | |
| Lubricantes | Otro | No | | | | | |
| | Solubles | Si | 5 botes | Privado | Tubería | | Cajas |
| Refrigerantes | No solubles | | | | | | |
| | | Si | 15 Gal | Privado | Maquinaria | | Galones |
| Otros | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| <p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p> | | | | | | | |
| III. IMPACTO AL AIRE | | | | | | | |
| GASES Y PARTICULAS | | | | | | | |
| <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p>Si, generados por el movimiento de suelo al momento de la excavación. Por otra parte humo debido a la maquinaria.</p> | | | | | | | |
| <p>MITIGACION</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p>Constante riego al suelo para evitar partículas de polvo en el aire.</p> | | | | | | | |



**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

| INSTRUCCIONES | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|---------------------------|
| RUIDO Y VIBRACIONES | |
| III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? <p align="center">Si</p> | |
| III.4 En donde se genere el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) <p align="center">Maquinaria, equipo, vehículos</p> | |
| III.6 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? <p>Se generarán ruidos no mayores a los 70 Db, por lo que se recomienda la utilización de protección para los oídos de los trabajadores con sentido del oído fino.</p> | |
| OLORES | |
| III.8 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: <p align="center">No</p> | |
| III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? <p align="center">No aplica</p> | |
| IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA | |
| AGUAS RESIDUALES | |
| CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES | |
| IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) <u>Mixta</u> de los anteriores</p> <p>d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuere el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado. <u>No aplica debido que se utilizarán inodoros portátiles los cuales serán limpiados tres veces por semana durante la ejecución del proyecto a cargo de un servicio privado.</u></p> | |
| IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____ <p align="center">4 inodoros portátiles</p> | |

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

| INSTRUCCIONES | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|---|--|
| TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | |
| IV.3 Describa que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales) | |
| <ul style="list-style-type: none"> a) sistema de tratamiento b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar e) Etc. | |
| DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES | |
| IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en: pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior | |
| AGUA DE LUBIA (AGUAS PLUVIALES) | |
| IV.6 Explique la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.) | |
| Los drenajes con los que cuentan algunos de la aldea Santa Rosita | |
| V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y litológico) | |
| DERECHOS SÓLIDOS | |
| VOLUMEN DE DESECHOS | |
| V.1 Especificar el volumen de desechos o desperdicios, genera la actividad desarrollada: | |
| <input type="checkbox"/> | a) Similar al de una residencia 11 libras/día |
| <input type="checkbox"/> | b) Generación entre 11 a 222 libras/día |
| <input type="checkbox"/> | c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día |
| <input type="checkbox"/> | d) Generación mayor a 1000 libras por día |
| V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.): | |
| Plásticos, papel, orgánicos | |
| V.3 Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad? | |
| No aplica | |
| V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explique el método y/o equipo utilizado | |
| No aplica | |
| V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado | |
| Servicio recolector de basura municipal | |
| V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero? | |
| No | |
| V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos) | |



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Resurero Municipal

| INSTRUCCIONES | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|---------------------------|
| VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA | |
| CONSUMO | |
| VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kWhr o kWmes) _____ 250 kWhr _____ | |
| VI.2 Forma de suministro de energía | |
| a) Sistema público _____ | |
| b) Sistema privado <u>Empresa Eléctrica de Guatemala EEGSA</u> | |
| c) generación propia _____ | |
| VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO <u>aplica</u> | |
| VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Utilizar la energía únicamente en horarios de trabajo | |
| VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.) | |
| VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen: | |
| - Bosques _____ | |
| - Animales _____ | |
| - Otros <u>No aplica</u> | |
| Especificar información _____ | |
| VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No | |
| VII.3 Las actividades de la empresa, ¿pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué? Las actividades se encuentran en área de paso de vehículos | |
| VIII. TRANSPORTE | |
| VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes: | |
| a) Número de vehículos <u>4 vehículos</u> | |
| b) Tipo de vehículo <u>Pickup con tracción</u> | |
| c) sitio para estacionamiento y área que ocupe <u>Colonia, 30 m²</u> | |
| d) Horario de circulación vehicular <u>circulación en todo momento</u> | |
| e) Vías aledañas <u>Vía Nueva, San Miguel Petapa, Amatlán</u> | |
| IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS | |
| ASPECTOS CULTURALES | |
| IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? No | |



**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

| INSTRUCCIONES | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|--|
| RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES | |
| IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, indicar lo siguiente: | |
| a) <input checked="" type="checkbox"/> | La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____ |
| b) <input type="checkbox"/> | La actividad se encuentre adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____ |
| c) <input type="checkbox"/> | La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____ |
| Ampliar información de la respuesta seleccionada | |
| ASPECTOS SOCIAL | |
| IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, ¿por parte del vecindario? SI () NO () | |
| IX.4 Qué tipo de molestias? | No aplica |
| IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? | No aplica |
| PAISAJE | |
| IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué? | |
| No se verá afectado el paisaje en ningún momento | |
| X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD | |
| X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina: | |
| a) <input checked="" type="checkbox"/> | la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio |
| b) <input type="checkbox"/> | la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores |
| c) <input type="checkbox"/> | la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores |
| Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas: | |
| No aplica | |
| X.2 riesgos ocupacionales: | |
| <input type="checkbox"/> | Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores |
| <input type="checkbox"/> | La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores |
| <input type="checkbox"/> | La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores |
| <input checked="" type="checkbox"/> | No existen riesgos para los trabajadores |
| Ampliar información: | |
| Ninguna de las actividades representan riesgo para los trabajadores debido a que las actividades son realizadas con estricta supervisión | |



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Equipo de protección personal

X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()

X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:

Casco protector, lentes de protección, botas punta de acero y chalecos reflectivos

X.8 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?

Se le proveerá a los trabajadores información sobre seguridad industrial a cargo de personal conveniente en el área.

Se propone realizar charlas con la población para que conozcan los tiempos en los cuales no deben estar expuestos a la actividad ya que pueden tener problemas respiratorios

ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas CORS Guatemala

| República de Guatemala | | Estación CORS | | GUAT | |
|---|-------------------|--------------------------|-------------------|---|----------------|
| Latitud | 14° 35' 25.45581" | Longitud | 90° 31' 12.85664" | Sistema de Referencia Geodésico IBG14 Epoca 2019-02 | |
| Norte (Y) | 1,614,480.8376 m. | Este (X) | 767,172.9386 m. | Zona y Proyección 15 UTM | |
| Norte (Y) | 1,613,346.5390 m. | Este (X) | 497,825.7313 m. | Zona y proyección 15.5 GTM | |
| Altura Elipsoidal: | 1519.8554 m. | Elevación : | 1,516.6634 MSNMM | Orden: | 3er. |
| Características de la Estacion Antena colocada sobre un mastil de acero empotrado en columna de concreto del tercer nivel. Servidor en el segundo nivel oficinas de Informática. | | | | Estampado: NOTIENE | |
| Referencia No. 1: | Az. ° a mts. | Referencia No. 2: | Az. ° a mts. | Referencia No. 3: | Az. ° a 0 mts. |
| Localización Departamento Guatemala, Municipio Guatemala, ubicada en el edificio del Instituto Geográfico Nacional | | | | Trabajo GEODESIA-IGN | |
| Acceso: Dirijase al Obelisco, al llegar al mismo siga por la avenida las Americas hasta llegar a la 6a calle, en la esquina, frente a los Helados Pops se encuentra el edificio del Instituto Geográfico Nacional. Avenida Las Americas 5-76 Zona 13, Guatemala. | | | | | |
| MAPA DE REFERENCIA | | | CROQUIS | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Visitada por: Ing. Oscar Cruz Ramos. | | | | | |
| Fecha: 2019 | | | | | |

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Anexo 2. **Coordenadas del banco de marca ubicado en la municipalidad de Amatitlán**

Municipalidad de Amatitlán
Departamento de Guatemala



Amatitlán, 18 de marzo de 2019
Oficio No. OMDUT-63-2019/SEVL/sv

Señor
Noé Quan Barrios
Estudiante Facultad de Ingeniería, USAC
EPS MGCS
Presente

Respetable Señor Quan:

Es un agrado dirigirme a usted, deseando que todas sus actividades se estén realizando con éxito.

Por este medio adjunto informe que contiene las coordenadas del banco de marca que se ubica en la Municipalidad de Amatitlán, para ser utilizado como referencia para el trabajo de graduación denominado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RED GEODÉSICA DE APOYO MUNICIPAL 2 (RAM2) PARA MUNICIPIO DE AMATITLÁN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA"**. Las coordenadas del banco de marca son Latitud 14°28'49.12336" N, Longitud 90°37'16.40245" O, Altura 1198.110 m.

Sin otro particular, agradezco la atención.

Atentamente,



Ingeniero Samuel Eduardo Valiente Leiva
Jefe de la Oficina Municipal de Desarrollo Urbano y Territorial
Municipalidad de Amatitlán

cc. Archivo/OMDUT

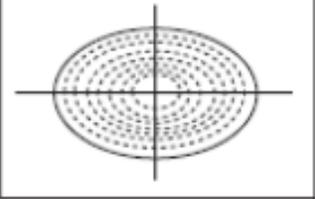
PBX: 6643-8383
5ta. Ave. y 6ta. Calle esquina, Amatitlán

visitanos: www.amatitlan.gob.gt  [municipalidaddesanjuanamatitlanguatemala](https://www.facebook.com/municipalidaddesanjuanamatitlanguatemala)

*¡Unidos por el Amatitlán
que todos queremos!*

Fuente: Oficina Municipal de Desarrollo Urbano y Territorial de la municipalidad de Amatitlán.

Anexo 3. **Boleta para el control de observaciones GPS**

| CONTROL DE OBSERVACIONES GPS | | | | |
|---|--|---------------|----------|--|
| MONUMENTACIÓN Y GEOPOSICIONAMIENTO DE PUNTOS DE LA RAC 1 Y 2 | | | | |
| Departamento | | Municipio | | |
| Fecha | | Estación | | |
| Día GPS | Sesión | | Código | |
| Receptor | | N° | | |
| Antena | | N° | | |
| Altura de la antena antes (m) | 1 | | 2 | |
| Altura de la antena después (m) | 1 | | 2 | |
| Altura promedio (m) | | | | |
| Medido a: | | | | |
| | Hora Local | Hora GPS | Duración | |
| Hora de Inicio | | | | |
| Hora Final | | | | |
| Parámetros de Registro: | | | | |
| Máscara de Elevación: | | Int. Época: | | |
| Croquis | Obstrucciones  | | | |
| Observaciones: _____ | | | | |
| _____ | | | | |
| _____ | | | | |
| Responsables: | _____ | Firma: | _____ | |
| | _____ | Firma: | _____ | |
| Revisado por: | _____ | Firma: | _____ | |

Fuente: RIC. *Manual de normas técnicas y procedimientos catastrales.*

Anexo 4. Datos técnicos del pozo

OF-AS-001-2019
Villa Canales 3 de enero del 2019.

Epesista Noé de Jesús Quan Barrios
Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

De acuerdo a su solicitud verbal de requerimiento de los datos técnicos del pozo denominado aldea Santa Rosita ubicado en las coordenadas geográfica 14°25'12.99" N y 90°29'40.33" O. Se hace el traslado de la información técnica y de campo necesaria para realizar los cálculos para la elaboración de su trabajo de EPS, se hace la salvedad que algunos datos son inferidos debido a que no se tiene datos reales, se entrega la información para los fines académicos y profesionales en el diseño y cálculo del proyecto denominado: **"Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para caserío Cumbre de Guadalupe aldea Santa Rosita, Villa Canales, Guatemala"**.

| | |
|---|------------------------|
| Nivel estático | 103.658 m=340.00 pies |
| Caudal que provee el pozo (dato inferido) | 9.66 l/s |
| Abatimiento del pozo | 91.795 m= 301.087 pies |
| Nivel de bombeo o dinámico | 195.453 m= 170.00 pies |
| Profundidad de la instalación de la bomba | 225.62 m= 740.00pies |

La bomba se instaló a una profundidad de 740.00 pies con 16 etapas con una bomba de potencia de 30 caballos de fuerza (HP).

Sin otro particular me suscribo de usted de manera atenta.


Joel Fernando Zamora Meletz
Jefe del departamento de Agua y Saneamiento



8a. calle 1-64 zona 1 Villa Canales, Guatemala Tel. 6635-8181
www.munivillacanales.com



Fuente: Departamento de Agua y Saneamiento, municipalidad de Villa Canales.

Anexo 5. Análisis fisicoquímico sanitario



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 39 186 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO No. **10397**

| | |
|--|---|
| INTERESADO: NOÉ DE JESÚS QUAN BARRIOS, REGISTRO ACADÉMICO 2013 25655 RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u> LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea Santa Rosita</u> FUENTE: <u>Pozo Municipal</u> MUNICIPIO: <u>Villa Canales</u> DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u> | PROYECTO: EPS: "DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO CUMBRE DE GUADALUPE, ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA" DEPENDENCIA: <u>Facultad de Ingeniería/USAC</u> FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2018-10-31, 04 h 05 min.</u> FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2018-10-31, 11 h 30 min</u> CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u> |
|--|---|

| RESULTADOS | | | |
|---|---|--|-------|
| 1. ASPECTO: <u>Clara</u> | 4. OLOR: <u>Inodores</u> | 7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>20,0 °C</u> | |
| 2. COLOR: <u>29,00 Unidades</u> | 5. SABOR: <u>-----</u> | 8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>286,00 μmbios/cm</u> | |
| 3. TURBEDAD: <u>01,86 UNT</u> | 6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,78 unidades</u> | 9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>152,00 mg/L</u> | |
| SUSTANCIAS | mg/L | SUSTANCIAS | mg/L |
| 1. CALCIO (Ca) | 22,44 | 6. CLORUROS (Cl) | 10,50 |
| 2. NITRITOS (NO ₂ ⁻) | 0,034 | 7. MAGNESIO (Mg ²⁺) | 06,80 |
| 3. NITRATOS (NO ₃ ⁻) | 08,40 | 8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | 01,00 |
| 4. CLORO RESIDUAL | -- | 9. HIERRO TOTAL (Fe) | 00,05 |
| 5. MANGANESO (Mn) | 00,40 | 10. DUREZA TOTAL | 84,00 |
| HIDROXIDOS mg/L | | ALCALINIDAD TOTAL mg/L | |
| 00,00 | | 104,00 | |

OTRAS DETERMINACIONES: AMONIACO 0,82 mg/l

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista fisico quimico sanitario: COLOR, MANGANESO en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUAHOR/NIG 29001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F., 21ST EDITION 2 005; NORMAS COGUAHOR NIG 29001 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29801 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2018-11-16

Vo.Bo. Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR CII/USAC



Zepherino Much Sandoz
Ing. Químico Col. No. 420
MSU en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA "ORA ALBA YADIRINE MOLINA" USAC GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC -
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86208 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://oi.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

Anexo 6. Análisis bacteriológico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



| | | |
|--|--|---------------------------|
| O.T. No. 39186 | EXAMEN BACTERIOLOGICO | No. 10398 |
| | | INF. No. A -365160 |
| INTERESADO: <u>NOÉ DE JESÚS QUAN BARRIOS</u> <u>REGISTRO ACADÉMICO 201125055</u> | PROYECTO: <u>EPS - DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO CUMBER DE GUADALUPE, ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA</u> | |
| MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u> | DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA USAC</u> | |
| LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Aldea Santa Rosita</u> | FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2018-10-31, 04:10 min</u> | |
| FUENTE: <u>Pozo Municipal</u> | FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2018-10-31, 11 h 30 min</u> | |
| MUNICIPIO: <u>Villa Canales</u> | CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>En refrigeración</u> | |
| DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u> | | |
| SABOR: <u>-----</u> | SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u> | |
| ASPECTO: <u>Clara</u> | CLORO RESIDUAL: <u>---</u> | |
| OLOR: <u>Inodora</u> | | |

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

| PRUEBAS NORMALES | PRUEBA PRESUNTIVA | PRUEBA CONFIRMATIVA | |
|--|-------------------------|---------------------|---------------|
| | | FORMACION DE GAS | |
| CANTIDAD SEMBRADA | FORMACION DE GAS - 35°C | TOTAL | FECAL 44.5 °C |
| 10,00 cm ³ | ++++ | ++++ | ++++ |
| 01,00 cm ³ | ++++ | ++++ | ++++ |
| 00,10 cm ³ | ++++ | ++++ | ++++ |
| RESULTADO: NÚMERO MÁS PROBABLE DE GERMENES COLIFORMES/100cm³ | | > 1 600 | 170 |

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

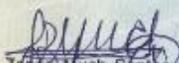
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma COGUANOR NTG 29 001.

Guatemala, 2018-11-16

Vo.Bo.

Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR CI/USAC




Zepherino Much Sántos
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC -
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.