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

DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR EN LA CABECERA MUNICIPAL Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERÍO JOYA HONDA A CASERÍO SACABASTAL DE ALDEA EL PARAÍSO, PALENCIA, GUATEMALA

Félix Fernando Monteagudo Revolorio
Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, septiembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR EN LA CABECERA MUNICIPAL Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERÍO JOYA HONDA A CASERÍO SACABASTAL DE ALDEA EL PARAÍSO, PALENCIA, GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FÉLIX FERNANDO MONTEAGUDO REVOLORIO
ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2022

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. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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 DE UN EDIFICIO ESCOLAR EN LA CABECERA MUNICIPAL Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERÍO JOYA HONDA A CASERÍO SACABASTAL DE ALDEA EL PARAÍSO, PALENCIA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 22 de octubre de 2020.

Félix Fernando Monteagudo Revolorio

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por guiarme en el camino de la vida.
Mis padres	Calixto Monteagudo y Blanca Revolorio que por su esfuerzo y sacrificio soy la persona que soy hoy en dia, gracias por siempre ser mis guias.
Mi hermana	Blanca Monteagudo por siempre estar en todo momento cuando la necesitaba.
Mis tias	Ana Aragon y Becilia Pacheco por siempre brindarme su ayuda y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de formarme como profesional
Facultad de Ingeniería	Por abrirme las puertas y formarme en esta carrera
Municipalidad de Palencia	Por abrirme las puertas y dejarme realizar mi EPS.
Mi novia	Raisa Carranza Diaz por siempre apoyarme y alentarme a lo largo de mi carrera y ayudarme cuando lo necesite.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES IX
LISTA DE SÍMBOLOS XV
GLOSARIO XVII
RESUMEN XXI
OBJETIVOS XXIII
INTRODUCCIÓN XXV

1. FASE DE INVESTIGACIÓN: MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA 1
    1.1. Monografía de Palencia, Guatemala 1
        1.1.1. Ubicación y localización 2
        1.1.2. Vías de acceso 5
        1.1.3. Población 6
        1.1.4. Topografía 6
        1.1.5. Actividades económicas 7
            1.1.5.1. Turismo 8
        1.1.6. Clima 8
        1.1.7. Costumbres y tradiciones 9
            1.1.7.1. Fiesta patronal 10
    1.2. Necesidades del municipio 10
        1.2.1. Descripción de necesidades 10
        1.2.2. Priorización de necesidades 11

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR EN LA CABECERA MUNICIPAL 13
2.1. Diseño de escuela para párvulos en la cabecera municipal 13
2.1.1. Descripción del proyecto 13
2.1.1.1. Ubicación geográfica del proyecto 14
2.1.1.2. Vías de acceso 15
2.1.1.3. Estudios de suelo 15
2.1.1.4. Levantamiento topográfico 16
2.1.2. Diseño arquitectónico según normativas del Ministerio de Educación 16
2.1.2.1. Distribución de espacios 17
2.1.2.1.1. Aulas 17
2.1.2.1.2. Servicios sanitarios 19
2.1.2.1.3. Cocina 20
2.1.2.1.4. Dirección 21
2.1.2.1.5. Salón de maestros 22
2.1.2.1.6. Sala de espera 23
2.1.2.1.7. Bodega 24
2.1.2.1.8. Pasillos 25
2.1.2.1.9. Alturas y cotas 25
2.1.3. Descripción del sistema a utilizar 26
2.1.3.1. Diseño de edificio por medio de marcos estructurales 27
2.1.3.2. Especificaciones según Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica 29
2.1.4. Análisis estructural 29
2.1.4.1. Predimensionamiento de elementos 30

2.1.4.1.1. Dimensionamiento de vigas 30
2.1.4.2. Dimensionamiento de columnas 32
2.1.4.2.1. Dimensionamiento de losas 33
2.1.5. Cargas de diseño por AGIES 36
2.1.5.1. Área tributaria 39
2.1.5.2. Integración de cargas 40
2.1.5.2.1. Carga viva 41
2.1.5.2.2. Carga muerta 42
2.1.5.2.3. Carga de sismo 51
2.1.6. Fuerzas por marco 70
2.1.6.1. Análisis estructural por el método de Cross 71
2.1.6.2. Análisis de carga muerta 73
2.1.6.3. Analisis de carga viva 79
2.1.6.4. Analisis de carga de sismo 82
2.1.6.5. Envolvente de momentos 88
2.1.6.5.1. Combinación de cargas 88
2.1.6.6. Análisis estructural mediante Etabs 90
2.1.6.7. Comparación de resultados Cross vrs Etabs 92
2.1.7. Diseño estructural 93
2.1.7.1. Diseño de losa 93
2.1.7.1.1. Momentos en losa 94
2.1.7.1.2. Balanceo de momentos 98
2.1.7.1.3. Acero de refuerzo 102
2.1.7.2. Diseño de vigas 105
2.1.7.2.1. Diseño a flexión 105

2.1.7.2.2. Diseño a corte 107
2.1.7.3. Diseño de columnas 111
2.1.7.3.1. Requisitos según ACI para columnas 111
2.1.7.3.2. Carga axial 113
2.1.7.3.3. Refuerzo longitudinal .. 121
2.1.7.3.4. Refuerzo transversal ... 123
2.1.7.4. Diseño de zapatas 126
2.1.7.4.1. Valor de soporte del suelo 127
2.1.7.4.2. Cargas y momentos de diseño 129
2.1.7.4.3. Diseño del área de la zapata 129
2.1.7.4.4. Cálculo de la presión del suelo 130
2.1.7.4.5. Chequeo de presión sobre el suelo 131
2.1.7.4.6. Diseño del espesor de la zapata 133
2.1.7.4.7. Diseño de refuerzo por flexión 136
2.1.8. Presupuesto 141
2.1.9. Cronograma 142
2.1.10. Estudio socioeconómico 142
2.1.10.1. VAN 143
2.1.10.2. TIR 144
2.1.11. Diseño de instalaciones eléctricas 145
2.1.11.1. Iluminación 145

2.1.11.2. Fuerza 147
2.1.12. Instalaciones hidráulicas..... 149
2.1.12.1. Agua potable..... 149
2.1.12.2. Instalaciones sanitarias 152
2.1.12.3. Agua pluvial 155
2.1.13. Evaluación de impacto ambiental inicial 158
2.2. Ampliacion de sistema de agua potable de caserío Joya Honda a caserío Sacabastal de aldea El Paraíso 167
2.2.1. Descripción del proyecto 167
2.2.1.1. Antecedentes..... 168
2.2.1.2. Localización del proyecto 168
2.2.1.3. Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad..... 169
2.2.2. Abastecimiento de agua potable..... 169
2.2.2.1. Fuentes de abastecimiento..... 170
2.2.2.2. Funcionamiento del sistema actual.... 170
2.2.2.3. Descripción de la ampliación 170
2.2.3. Calidad del agua..... 171
2.2.3.1. Análisis bacteriológico 171
2.2.3.2. Examen fisicoquímico..... 171
2.2.4. Levantamiento topográfico 172
2.2.4.1. Planimetría..... 172
2.2.4.2. Altimetría..... 172
2.2.5. Cálculo de población 173
2.2.5.1. Población actual y tasa de crecimiento 173
2.2.5.2. Periodo de diseño..... 173
2.2.5.3. Población futura..... 174

2.2.5.3.1. Método de crecimiento aritmético.....174
2.2.5.3.2. Método de crecimiento geométrico 174
2.2.6. Criterios de diseño 175
2.2.6.1. Dotación de agua 175
2.2.6.2. Factores de consumo y caudales.....176
2.2.6.2.1. Factor de día máximo .176
2.2.6.2.2. Factor de hora máxima177
2.2.7. Caudales de diseño.....177
2.2.7.1. Caudal medio diario 177
2.2.7.2. Caudal máximo diario (QMD) 178
2.2.7.3. Caudal máximo horario (QMH).....179
2.2.7.4. Caudal de vivienda.....179
2.2.7.5. Caudal instantáneo 180
2.2.7.6. Velocidades máximas y mínimas 180
2.2.7.7. Presiones máximas y mínimas.....181
2.2.8. Diseño hidráulico.....181
2.2.8.1. Tipos de tubería 181
2.2.8.2. Componentes del sistema.....182
2.2.8.2.1. Captación.....182
2.2.9. Diseño de la línea de conducción.....182
2.2.10. Diseño de tanque de distribución 186
2.2.11. Diseño del sistema de desinfección 208
2.2.12. Diseño de la red de distribución 210
2.2.12.1. Tipos de redes.....211
2.2.12.2. Propuesta de red.....211
2.2.13. Diseño de obras hidráulicas 215
2.2.14. Propuestas de operación y mantenimiento 216

2.2.14.1. Operación 216
2.2.14.2. Mantenimiento 216
2.2.14.3. Caja rompe presión 218
2.2.14.4. Caja de válvulas o de registro..... 219
2.2.14.5. Conexión domiciliar 219
2.2.14.6. Redes de distribución 219
2.2.15. Propuesta de tarifa 219
2.2.16. Presupuesto..... 222
2.2.17. Cronograma..... 223
2.2.18. Evaluación socioeconómica..... 224
2.2.18.1. Valor Presente Neto (VPN)..... 224
2.2.18.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)..... 226
2.2.19. Evaluación del impacto ambiental en sistemas de agua potable 226

CONCLUSIONES 235
RECOMENDACIONES..... 237
BIBLIOGRAFÍA..... 239
APÉNDICES 241
ANEXOS..... 249

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ubicación del municipio de Palencia 3
2. Mapa del municipio de Palencia 4
3. Localización del proyecto de la escuela de párvulos 15
4. Planta amueblada 26
5. Planta acotada 28
6. Planta general de losas 34
7. Área tributaria de una losa 39
8. Áreas tributarias 40
9. Edificio 1 de la escuela 44
10. Edificio 2 de la escuela 46
11. Integración de carga muerta para edificio 1 49
12. Integración de carga muerta para edificio 2 49
13. Integración de carga viva para edificio 1 50
14. Integración de carga viva para edificio 2 50
15. Mapa de zonificación sísmica de Guatemala 53
16. Figura de centro de masa y centro de rigidez 67
17. Fuerza por marco X 71
18. Fuerza por marco Y 71
19. Análisis de carga muerta de eje 1, edificio 1 74
20. Análisis de carga muerta por medio del método de Cross 78
21. Carga viva actuante en el eje 1, edifico 1 79
22. Análisis de la carga viva por medio del método de Cross 81
23. Carga de sismo 82

24. Carga muerta con ladeo por el método de Cross 85
25. Envolvente de momentos..... 90
26. Modelación del proyecto en Etabs 91
27. Diagrama de corte en marcos..... 91
28. Diagrama de momentos en marcos 92
29. Planta de losas 94
30. Momentos balanceados en losas del edificio 1..... 101
31. Detalle de armado de losa en planta 104
32. Detalle de armado de losa 105
33. Diagrama de corte de la viga 108
34. Detalle de armado de viga 110
35. Detalle de armado en secciones de viga 110
36. Área tributaria de columna crítica 114
37. Refuerzo transversal..... 124
38. Distribución de refuerzo transversal..... 126
39. Área sometida a corte..... 134
40. Área de corte punzonante..... 135
41. Detalle de armado de zapata..... 140
42. Detalle de armado de zapata..... 140
43. Localización del proyecto..... 169
44. Esquema de la losa del tanque..... 188
45. Detalle de armado de losa 193
46. Sección de viga del tanque..... 200
47. Armado de viga del tanque 201
48. Geometría de muro de contención..... 202
49. Sección del tanque 208

TABLAS

I. Tabla de economía en Palencia 7
II. Requisitos de iluminación 18
III. Capacidad máxima de alumnos por aula 19
IV. Artefactos a instalar en servicios sanitarios para educandos 20
V. Área de cocina requerida por usuario en centros educativos 21
VI. Índices y capacidad para ambientes administrativos 22
VII. Área requerida por usuario en sala de educadores 22
VIII. Capacidad de usuarios en salas de espera de centros educativos de nivel preprimario por cantidad de educandos 23
IX. Área requerida por usuario en centros educativo del nivel preprimario, por cantidad de educandos 24
X. Área de archivo y bodega 24
XI. Ancho útil de corredores y escaleras 25
XII. Altura mínima de vigas 31
XIII. Espesores de losa 35
XIV. Tabla de cargas vivas 37
XV. Tabla de cargas muertas 38
XVI. Cargas de diseño 43
XVII. Clasificación de la obra según AGIES NSE-3 52
XVIII. Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño 54
XIX. Coeficientes de sitio Fa 56
XX. Coeficiente de sitio Fv 56
XXI. Factores Kd de acuerdo al nivel de sismo 57
XXII. Carga muerta de losa 61
XXIII. Sobrecarga para carga muerta 61
XXIV. Carga viva 62
XXV. Integración de muros 62

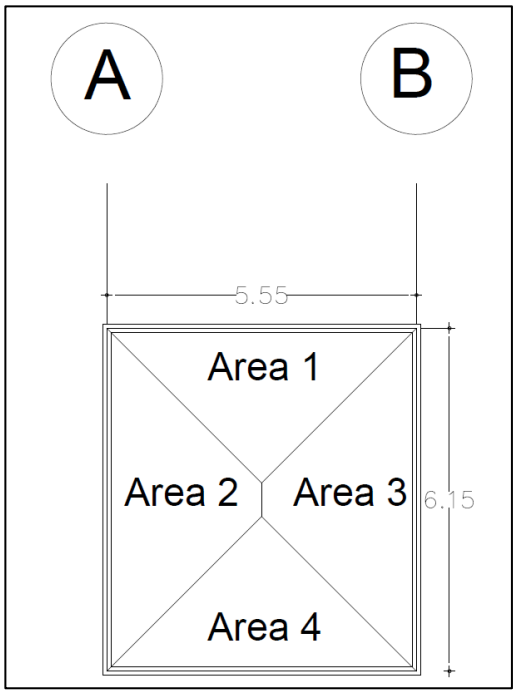
XXVI. Centro de masa del eje X 63
XXVII. Centro de masa del eje Y 64
XXVIII. Centro de rigidez del eje X 65
XXIX. Centro de rigidez del eje Y 66
XXX. Tabla de torsión en X 69
XXXI. Tabla de torsión en Y 70
XXXII. Rigideces de vigas de edificio 1 75
XXXIII. Factores de distribución para eje 1 edificio 1 76
XXXIV. Momentos ocasionados por carga muerta 77
XXXV. Momentos fijos sin ladeo 80
XXXVI. Momentos fijos con ladeo y reacciones en los nudos 83
XXXVII. Momentos finales en columnas 86
XXXVIII. Tabla resumen de momentos finales 87
XXXIX. Envolvente de momentos 89
XL. Presupuesto del edificio escolar 141
XLI. Cronograma de actividades 142
XLII. Resumen de cálculo de lúmenes necesarios 147
XLIII. Aparatos y corriente 148
XLIV. Cantidad de consumo por áreas 148
XLV. Unidades de gasto para el cálculo de tuberías de distribución de agua en los edificios 150
XLVI. Gastos probables para el método de Hunter 151
XLVII. Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga 153
XLVIII. Diámetro de la derivación en colector 154
XLIX. Coeficiente de rugosidad n para las fórmulas de Manning en tuberías 157
L. Formulario para impacto ambiental del centro escolar 159
LI. Factores de día máximo 176

LII. Factores de hora máxima 177
LIII. Momento estabilizante de muro..... 202
LIV. Presupuesto de la red de agua potable 223
LV. Cronograma de ejecución de obra 224
LVI. Formulario del impacto ambiental para la red de agua potable 227

2.1.5.1. Área tributaria

Es el área cargada de una estructura particular que contribuye en forma directa a la carga aplicada a un miembro particular de la estructura. Conviene definirla como el área limitada por líneas trazadas a la mitad de la distancia a la losa. En este caso se utiliza la losa 1 o 2, ya que estas son las que tienen el espesor más grande y por ende son las losas críticas.

Figura 7. **Área tributaria de una losa**



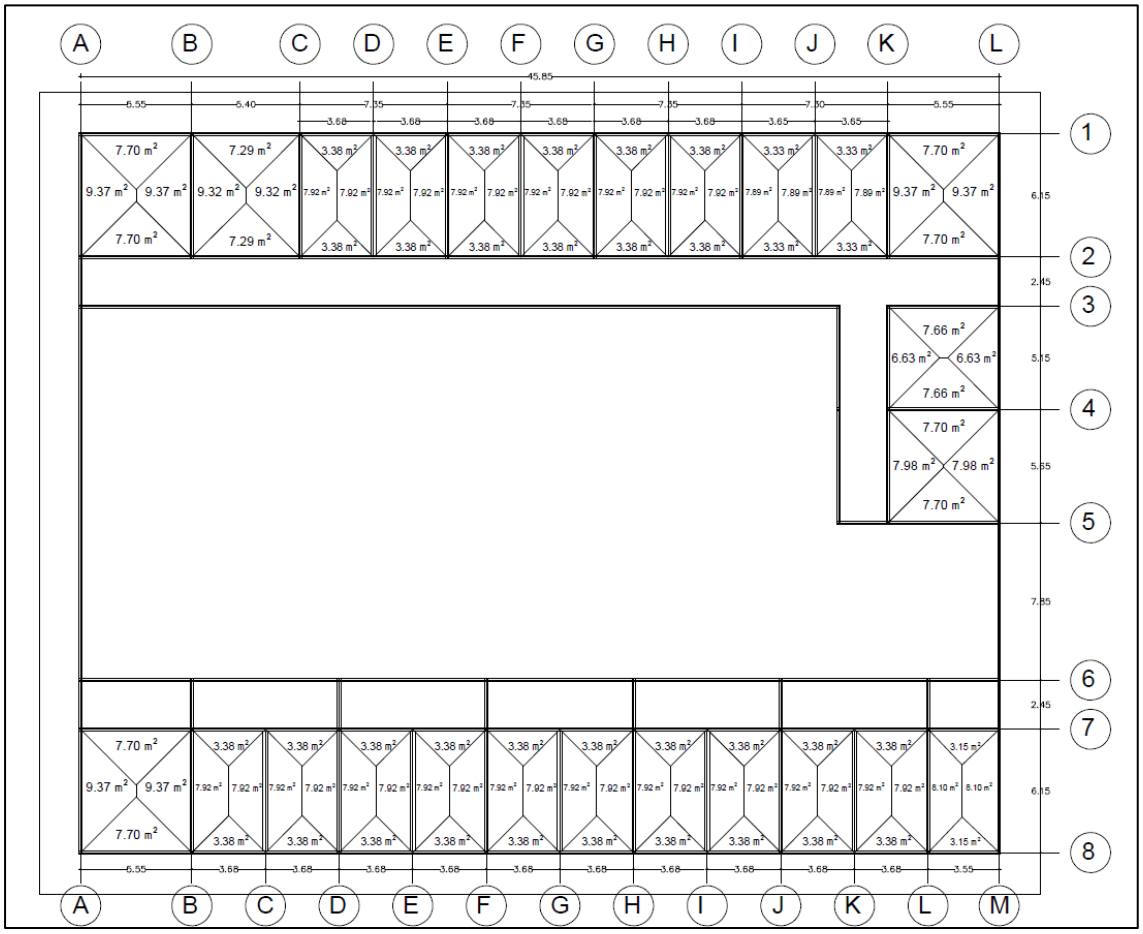
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Área 1 = área 4 = 0,5 *5,55*2,775 = 7,70 m^2

Área 2 = área 3 = 0,5 * (6,15 + 0,6) * 2,775 = 9,37

A continuación se muestra un plano con cada una de las losas con las áreas tributarias calculadas.

Figura 8. **Áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.5.2. Integración de cargas

Las cargas son las fuerzas externas que actúan sobre las estructuras, las cuales provocan reacciones internas dentro del sistema estructural para

resistirlas. Dependiendo de la manera como las cargas sean aplicadas, tienden a deformar la estructura y sus componentes.

La integración consiste en determinar las cargas que afectan la estructura, en este caso carga viva, muerta y de sismo.

WM = área tributaria * CM + PPV
WV = área tributaria * CV

Donde:
CM = carga muerta
CV = carga viva
PPV = peso propio de la viga

2.1.5.2.1. Carga viva

Las cargas vivas son aquellas de carácter temporal y que también cambian en magnitud y ubicación. Se originan según el uso que se le da a la estructura e incluyen a las personas que van y vienen, los automóviles, ascensores y maquinaria de todo tipo.

Características de las cargas vivas:

- Surgen a partir del uso de la edificación.
- No tienen carácter permanente.
- Se originan en las personas u objetos, quienes están en constante movimiento.
- Puede cambiarse su ubicación.
- Su magnitud es variable, llegando incluso a anularse.

- No incluyen las cargas ambientales, es decir, las que se deben al viento y el clima.

Las cargas utilizadas en el proyecto son las que se encuentran indicadas por la AGIES en las Normas de Seguridad Estructural (NSE) para Guatemal, edición 2018, capÍtulo 3.

Se utilizó un valor de 200 Kg/m^2 para el techo que corresponde a una azotea de concreto.

2.1.5.2.2. Carga muerta

Las cargas muertas en una estructura representan el peso de todos los elementos que participan en su construcción, y los que se añaden posteriormente y quedan fijos a ella. Son los elementos permanentes, entre los que se incluyen las cargas de los muros, el techo, los vidrios, las ventanas, las columnas y demás, las cargas muertas forman parte de las cargas gravitacionales que están relacionadas con el peso. Cualquier estructura está sujeta a dichas cargas.

Características de las cargas muertas:

- La principal carga muerta de una estructura es su propio peso.
- Se trata de fuerzas verticales, ya que derivan del peso, el cual está dirigido verticalmente hacia abajo.
- Son cargas permanentes, debido a que actúan durante todo el tiempo que la construcción se mantenga en pie.
- Se considera que la magnitud de las cargas muertas es constante.

- Su valor se puede determinar con bastante exactitud conociendo las dimensiones de la estructura y las propiedades de los materiales tales como el peso específico o la densidad de los mismos. Estos valores están tabulados para cada material.

Para encontrar las cargas distribuidas se toman los marcos críticos de cada uno de los edificios en ambos sentidos X y Y.

Tabla XVI. **Cargas de diseño**

TIPO DE CARGA	CANTIDAD	DIMENSIONALES
Carga viva	200,00	Kg/m^2
Peso concreto	2400,00	Kg/m^3
Mezclón	30,00	Kg/m
Sobrecarga	90,00	Kg/m^2
Muros	120,00	Kg/m^2
Espesor de losa	0,13	m

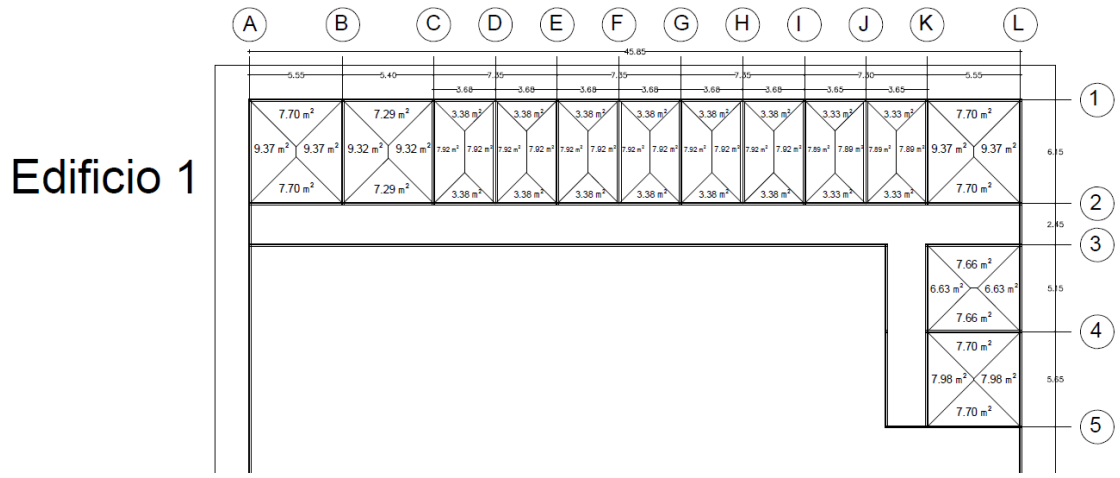
Fuente: elaboración propia.

Integración de cargas viva y muerta:

Secciones de viga = 25 cm * 45 cm

Altura de muros = 3,20 m

Figura 9. **Edificio 1 de la escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Edificio 1

Área tributaria eje Y = 23,98 m2 Lt = 19,40 m

Área tributaria eje X = 49,63 m2 Lt = 45,85 m

- Eje L

$$\mathrm{WM} = \frac{\text{Area tributaria}}{\mathrm{Lt}} * \mathrm{CM}$$

Donde:

Lt: longitud tributaria

CM: carga muerta

CM = peso de losa + peso de viga + cargas adicionales (SC+ mezclón)

Peso losa = $\mathrm{t} * \text{peso específico del concreto}$

Peso de losa = 0,13m * 2 400 kg/m^3 = 312 kg/m^2

PPV = sección de viga * PC

PPV = (0,45 m * 0,25) * 2 400 Kg/m^3 = 270 kg/m

Cargas adicionales = 120 kg/m^2

CM = 702 Kg/m^2

WM = 867,73 kg/m

Carga viva distribuida:

$$\mathrm{WV} = \frac{\text{Area tributaria}}{\mathrm{Lt}} * \mathrm{CV}$$

Donde:

Lt: longitud tributaria

CM: carga viva

WV = 247,22 kg/m

- Eje 1:

$$\mathrm{WM} = \frac{\text{Área tributaria}}{\mathrm{Lt}} * \mathrm{CM}$$

Donde:

Lt: longitud tributaria

CM: carga muerta

CM = peso losa + peso viga + cargas adicionales (SC+ mezclón)

Peso losa = $\mathrm{t} * \text{peso específico del concreto}$

Peso losa = 0,13 m * 2 400 kg/m^3 = 312 kg/m^2

PPV = sección de viga * PC

PPV = (0,45 m * 0,25) * 2 400 Kg/m^3 = 270 kg/m

Cargas adicionales = 120 kg/m^2

CM = 702 Kg/m^2

WM = 759,87 kg/m

Carga viva distribuida:

$$WV = \frac{\text{Área tributaria}}{Lt} * CV$$

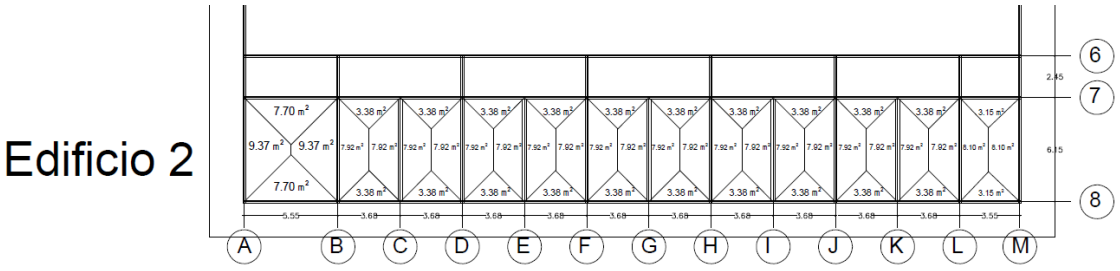
Donde:

Lt: longitud tributaria

CM: carga viva

WV = 216,49 kg/m

Figura 10. **Edificio 2 de la escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Edificio 2

Área tributaria eje A = 9,37 m^2 Lt = 6,15 m

Área tributaria eje 8 = 44,65 m^2 Lt = 45,85 m

- Eje A:

$$\mathrm{WM} = \frac{\text{Área tributaria}}{\mathrm{Lt}} * \mathrm{CM}$$

Donde:

Lt: longitud tributaria

CM: carga muerta

CM = peso losa + peso viga + cargas adicionales (SC+ mezclón)

Peso losa = $\mathrm{t} * \text{peso específico del concreto}$

Peso losa = 0,13m * 2 400 kg/m^3 = 312 kg/m^2

PPV = sección de viga * PC

PPV = (0,45m * 0,25) * 2 400 Kg/m^3 = 270 kg/m

Cargas adicionales = 120 kg/m^2

CM = 702 Kg/m^2

WM = 1 069,55 kg/m

Carga viva distribuida:

$$\mathrm{WV} = \frac{\text{Área tributaria}}{\mathrm{Lt}} * \mathrm{CV}$$

Donde:

Lt: longitud tributaria

CM: carga viva

WV = 304,72 kg/m

Eje 1:

$$\mathrm{WM} = \frac{\text{Área tributaria}}{\mathrm{Lt}} * \mathrm{CM}$$

Donde:

Lt: longitud tributaria

CM: carga muerta

CM = peso losa + peso viga + cargas adicionales (SC+ mezclón)

Peso losa = $\mathrm{t} * \text{peso específico del concreto}$

Peso losa = 0,13m * 2 400 kg/m^3 = 312 kg/m^2

PPV = sección de viga * PC

PPV = (0,45m * 0,25) * 2 400 Kg/m^3 = 270 kg/m

Cargas adicionales = 120 kg/m^2

CM = 702 Kg/m^2

WM = 683,63 kg/m

Carga viva distribuida:

$$\mathrm{WV} = \frac{\text{Área tributaria}}{\mathrm{Lt}} * \mathrm{CV}$$

Donde:

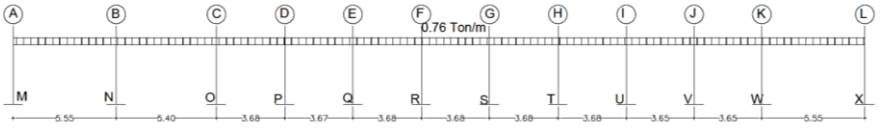
Lt: longitud tributaria

CM: carga viva

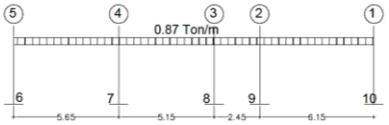
WV = 194,77 kg/m

En las siguientes imágenes se muestran la integración de cargas vivas y muertas de cada uno de los edificios en los marcos mencionados anteriormente.

Figura 11. **Integración de carga muerta para edificio 1**



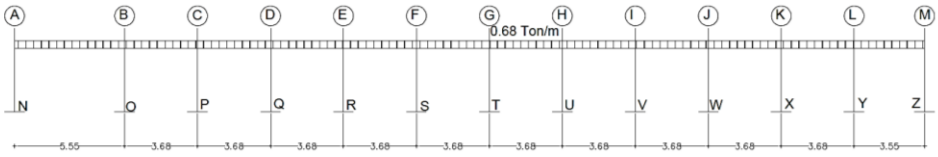
INTEGRACION DE CARGA MUERTA EJE 1



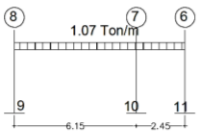
INTEGRACION DE CARGA MUERTA EJE L

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 12. **Integración de carga muerta para edificio 2**



INTEGRACION DE CARGA MUERTA EJE 8



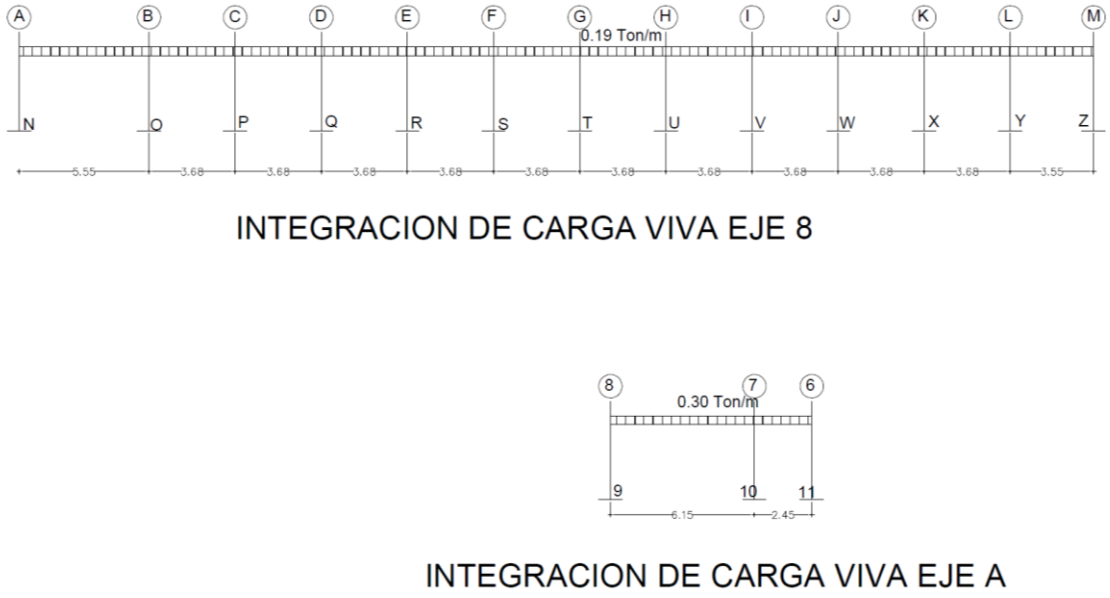
INTEGRACION DE CARGA MUERTA EJE A

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 13. **Integración de carga viva para edificio 1**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 14. **Integración de carga viva para edificio 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.5.2.3. Carga de sismo

Son cargas de tipo horizontal oscilantes que debe soportar una estructura cuando hay un movimiento telúrico. Este tipo de carga suele variar dependiendo de la zona en la que se sitúe la edificación.

Son las cargas que definen las acciones que un sismo provoca sobre la estructura de un edificio y que deben ser soportadas por esta. Se transmiten a través del suelo y las estructuras adyacentes. La particularidad de las acciones debidas a un sismo hace difícil el cálculo con todas las acciones al mismo tiempo, por lo que se suelen utilizar como cargas sísmicas cargas convencionales que producirán sobre el edificio los mismos daños que el terremoto.

Para las estructuras de concreto reforzado, hay ciertas características que deben existir para que la estructura pueda tener una correcta resistencia al sismo.

- Viga flexible, columna rígida.
- Las fallas que se originen deben ser fallas dúctiles.
- En caso de que ocurra colapso, este debe ocurrir a flexión y no a corte, ya que a flexión la estructura no se colapsa de manera inmediata como ocurriría con una falla a corte.

En Guatemala, aparte de las cargas vivas y muertas, hay también que analizar las cargas de sismo y de viento, esta última dependiendo del departamento en el que se realice el proyecto, en este caso no es necesario ya que el proyecto tiene una altura bastante pequeña y el municipio no es afectado por vientos fuertes.

- Método AGIES

Para este método se tomaron en cuenta los criterios de diseño según la AGIES y su clasificación de las obras según AGIES NSE 3: diseño estructural de edificaciones.

Las obras se deben clasificar según la sección 1,6, la cual divide en categorías ocupacionales cada estructura o cada parte significativa se clasifica de manera independiente en cada dirección de análisis en una de las seis posibles familias, en este caso se clasifica en el sistema E1.

Este es un sistema integrado por marcos de columnas y vigas que soportan toda la carga vertical y además todas las solicitaciones horizontales. Todos los marcos deben estar unidos entre sí por diafragmas de piso. Los marcos pueden ser de concreto reforzado, acero estructural o combinados.

Tabla XVII. **Clasificación de la obra según AGIES NSE-3**

CLASIFICACIÓN DE TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	
Sistema E1	Estructura de marcos simples
Sistema E2	Estructura de muros (estructura de cajón)
Sistema E3	Estructura combinada
Sistema E4	Estructura dual
Sistema E5	Soportes en voladizo y naves
Sistema E6	Péndulo invertido

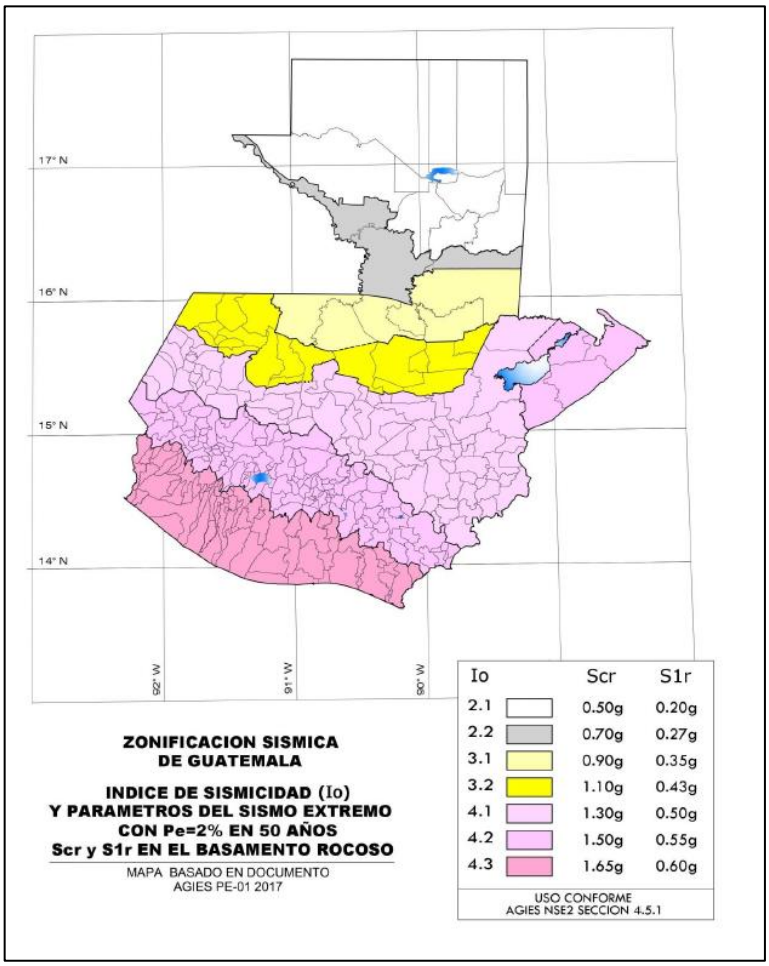
Fuente: AGIES. *NSE-3. Diseño estructural de edificaciones*. p. 1-12.

- Índice de sismicidad

Nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación e incide en la selección del espectro sísmico de diseño.

Guatemala se divide en macrozonas de amenaza sísmica caracterizadas por su índice de sismicidad que varía desde Io = 2 a Io = 4.

Figura 15. **Mapa de zonificación sísmica de Guatemala**



Fuente: AGIES. *NSE-2. Demandas estructurales, condiciones de sitio*. p. 4-6.

- Nivel de protección requerido

Nivel necesario para garantizar que la estructura pueda seguir funcionando de manera correcta luego de un sismo severo, esto se determina mediante la tabla 4.2.2.1. de la NSE-2.

Tabla XVIII. **Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño**

Índice de Sismicidad [b]	Clase de obra [a]			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
Io = 4	E	D	D	C
Io = 3	D	C	C	B
Io = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño [c]	5% en 50 años [d]	5% en 50 años [d]	10% en 50 años	Sismo mínimo[e]

Fuente: AGIES. *NSE-2. Demandas estructurales, condiciones de sitio*. p. 4-2.

- Clasificación de sitio

El sitio de proyecto se clasificará con base en las características del perfil del suelo bajo los cimientos. Los sitios se clasifican en alguna de las siguientes categorías: AB, C, D, E o F. La clasificación del sitio será necesaria para configurar correctamente el espectro del sismo de diseño.

Las designaciones A hasta F son usuales en la literatura técnica actual. A y B son sitios en roca; C y D son perfiles de suelo firmes; E es un perfil de suelo blando; F es un perfil de suelo extremadamente complicado.

- Periodo fundamental de vibración

El periodo fundamental de vibración de una edificación se estimará en forma empírica y genérica como:

$$Ta = Kt(hn)^x$$

Donde:

Hn: altura total del edificio, desde la base (m)

KT y X dependerán del sistema estructural a utilizar

Kt = 0,049, X = 0,75 Para sistemas estructurales E2, E3, E4 o E5

Kt = 0,047 X = 0,90 Solamente para sistemas estructurales E1

En este caso, como es sistema estructural E1, se usan los valores Kt = 0,047 y X = 0,90.

$$\mathrm{Ta} = 0{,}047 * (4{,}20)^{0{,}90}$$

$$\mathrm{Ta} = 0{,}17$$

- Ajuste por clase de sitio

Se establece según el perfil del suelo que cubre al basamento en el sitio. Se utilizan las ecuaciones 4,5.2-1 y 4,5.2-2. En la sección 4,5.2 del NSE – 2.

$$Scs = Scr * Fa$$

$$S1s = S1r * Fv$$

Donde:

Scs: es la ordenada espectral del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con periodo de vibración corto.

S1s: es la ordenada espectral correspondiente a periodos de vibración de 1 segundo; ambos para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico.

Fa: es el coeficiente de sitio para periodos de vibración cortos y se obtiene de la tabla 4,5-1.

Fv: es el coeficiente de sitio para periodos largos y se obtiene de la tabla 4,5-2.

Tabla XIX. **Coeficientes de sitio Fa**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1 4.2 4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C [1]	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4				

Fuente: AGIES. *NSE-2. Demandas estructurales, condiciones de sitio*. p. 4-7.

Tabla XX. **Coeficiente de sitio Fv**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1 4.2 4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
D [1]	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
E	3.3	2.8	2.6	2.4	2.2
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4				

Fuente: AGIES. *NSE-2. Demandas estructurales, condiciones de sitio*. p. 4-7.

Para este caso se usarán los valores de Fa = 1,00 y Fv = 1,70.

Scs = 1,50 * 1,00 = 1,50

Scr = 0,55 * 1,70 = 0,94

- Probabilidad nominal de ocurrencia de los sismos de diseño

Para esto se utiliza la tabla 4,5.5-1 de factores Kd, de acuerdo al nivel del sismo.

Tabla XXI. **Factores Kd de acuerdo al nivel de sismo**

Nivel de sismo	Factor K_d
Sismo ordinario — 10% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.66
Sismo severo — 5% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.80
Sismo extremo — 2% probabilidad de ser excedido en 50 años	1.00
Sismo mínimo — condición de excepción	0.55

Fuente: AGIES. *NSE-2. Demandas estructurales, condiciones de sitio*. p. 4-8.

Para este caso se toma sismo severo K = 0,80

- Parámetros del espectro

Los parámetros del espectro se calibran a la probabilidad estipulada mediante las expresiones:

$$Scd = Kd * Scs$$

$$S1d = Kd * S1s$$

$$Scd = 0,80 * 1,50 = 1,20$$

$$S1d = 0,80 * 0,94 = 0,75$$

- Periodos de vibración de transición

Periodo Ts que separa los periodos cortos de los largos.

$$\mathrm{Ts} = \frac{\mathrm{S1}s}{\mathrm{Scs}}$$

Periodo To que define el inicio de la meseta de periodos cortos del espectro.

$$\mathrm{To} = 0{,}2\ \mathrm{Ts}$$

$$\mathrm{Ts} = \frac{0{,}94}{1{,}50} = 0{,}62$$

$$\mathrm{To} = 0{,}20 * 0{,}62 = 0{,}12$$

- Espectros genéricos probables

Cuando se puedan utilizar los espectros de diseño genéricos, las ordenadas espectrales Sa(T) para cualquier periodo de vibración T se definen con las siguientes expresiones:

Sa(T) = Scd Cuando To ≤ T ≤ Ts

Sa(T) = $\frac{\mathrm{S1d}}{\mathrm{T}} \leq \mathrm{Scd}$ Cuando T > Ts

Sa(T) = $Scd\ [\ 0{,}4 + 0{,}6\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{To}}]$ Cuando T ≤ To

En este caso se utiliza la primera expresión dado que:

To = 0,12

T = 0,17 0,12 < 0,17 < 0,62

Ts = 0,62

Entonces:

$$Sa(T) = 1,20$$

- Coeficiente sísmico al límite de cedencia

El coeficiente sísmico (Cs) en cada dirección de análisis se establecerá de la manera siguiente:

$$Cs = \frac{Sa(T)}{R}$$

Donde:

Sa(T) es la demanda sísmica de diseño para una estructura con periodo T obtenida del espectro de diseño sísmico establecido para el sitio según la probabilidad de ocurrencia requerida, en la sección 4.5.6 de la NSE-2.

R: factor de reducción que se obtiene en la sección 1.5.2 de la NSE-1

T: es el periodo fundamental de vibración de la estructura según la sección 2.1.9.

$$Cs = \frac{1,20}{8} = 0,15$$

- Corte basal al límite de cedencia

El total de las fuerzas sísmicas equivalentes que actúan sobre la edificación, en cada dirección de análisis, se representará por medio del

cortante estático equivalente al límite de cedencia en la base sísmica de la estructura, y se obtendrá con la expresión:

$$Vb = Cs * Ws$$

Donde:

Ws: es la parte del peso de la edificación

Cs: es el coeficiente sísmico de diseño

$$Vb = 0{,}15 * 204699{,}18 \text{ Kg/m}$$

- Corte por nivel

Hay que tener en cuenta lo siguiente:

  - Centro geométrico

El centro de gravedad de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas de gravedad ejercen sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo y producen un momento resultante nulo.

$$\mathrm{XY} = \frac{\Delta \mathrm{XY}}{\sum \mathrm{A}}$$

Para X:

$$X = \frac{(34{,}13*2{,}78)+(33{,}21*8{,}25)+(45{,}20*14{,}63)+(45{,}20*21{,}95)+(45{,}20*29{,}33)+(44{,}90*36{,}65)+(34{,}13*43{,}08)+(28{,}58*43{,}08)+(31{,}36*43{,}08)}{(34{,}13+33{,}21+45{,}20+45{,}20+45{,}20+44{,}90+34{,}13+28{,}58+31{,}36)}$$

X = 26,45 cm

$$Y = \frac{(34{,}13*13{,}88)+(33{,}21*13{,}88)+(45{,}20*13{,}88)+(45{,}20*13{,}88)+(45{,}20*13{,}88)+(44{,}90*13{,}88)+(34{,}13*13{,}88)+(28{,}58*8{,}23)+(31{,}36*2{,}83)}{(34{,}13+33{,}21+45{,}20+45{,}20+45{,}20+44{,}90+34{,}13+28{,}58+31{,}36)}$$

Y = 12,39 cm

- Carga muerta

Carga muerta para losas.

Losa:

Tabla XXII. **Carga muerta de losa**

Lado a	Lado b	Área	Espesor	Peso especifico	CM Losa
5,55	6,15	34,13	0,11	2 400	10 649,34
5,40	6,15	33,21	0,11	2 400	10 361,52
7,35	6,15	45,20	0,11	2 400	14 103,18
7,35	6,15	45,20	0,11	2 400	14 103,18
7,35	6,15	45,20	0,11	2 400	14 103,18
7,30	6,15	44,90	0,11	2 400	14 007,24
5,55	6,15	34,13	0,11	2 400	10 649,34
5,55	5,15	28,58	0,11	2 400	8 917,74
5,55	5,65	31,36	0,11	2 400	9 783,54

Fuente: elaboración propia.

Sobrecarga:

Tabla XXIII. **Sobrecarga para carga muerta**

Lado a	Lado b	Área	SC	SC*Área
5,55	6,15	34,13	100	14 062,59
5,40	6,15	33,21	100	13 682,52
7,35	6,15	45,20	100	18 623,43
7,35	6,15	45,20	100	18 623,43
7,35	6,15	45,20	100	18 623,43

Continuación de la tabla XXIII.

Lado a	Lado b	Área	SC	SC*Área
7,30	6,15	44,90	100	18 496,74
5,55	6,15	34,13	100	14 062,59
5,55	5,15	28,58	100	11 775,99
5,55	5,65	31,36	100	12 919,29

Fuente: elaboración propia.

- Carga viva

Tabla XXIV. **Carga viva**

Lado a	Lado b	Área	CV (kg)	CV*Área
5,55	6,15	34,13	200	6 826,50
5,40	6,15	33,21	200	6 642,00
7,35	6,15	45,20	200	9 040,50
7,35	6,15	45,20	200	9 040,50
7,35	6,15	45,20	200	9 040,50
7,30	6,15	44,90	200	8 979,00
5,55	6,15	34,13	200	6 826,50
5,55	5,15	28,58	200	5 716,50
5,55	5,65	31,36	200	6 271,50

Fuente: elaboración propia.

- Muros:

Tabla XXV. **Integración de muros**

6,15	8,00	49,20
45,85	2,00	91,70
5,55	3,00	16,65
5,15	2,00	10,30
5,65	2,00	11,30
	TOTAL	179,15

Fuente: elaboración propia.

Altura = 3,20 m

Muros = 179,15 * 3,20 *170 = 97 457,60 kg

- Centro de masa

Para poder calcular el centro de masa se debe considerar únicamente los pesos más importantes como la carga muerta, la losa y su peso, y el peso de la sobrecarga y la carga viva, dependiendo del uso de la estructura.

$$\mathrm{CmXY} = \frac{\sum \mathrm{Wi} * \mathrm{XYi}}{\sum \mathrm{Wi}}$$

Para eje X:

Tabla XXVI. **Centro de masa del eje X**

Losa	Area	CM	CV	L(m)	Wt	Wi * Li
1	34,13	14 062,59	6 826,50	2,78	20 889,09	57 967,22
2	33,21	13 682,52	6 642,00	8,25	20 324,52	167 677,29
3	45,20	18 623,43	9 040,50	14,63	27 663,93	404 584,98
4	45,20	18 623,43	9 040,50	21,95	27 663,93	607 223,26
5	45,20	18 623,43	9 040,50	29,33	27 663,93	811 244,75
6	44,90	18 496,74	8 979,00	36,65	27 475,74	1006 985,87
7	34,13	14 062,59	6 826,50	43,08	20 889,09	899 797,55
8	28,58	11 775,99	5 716,50	43,08	17 492,49	753 489,01
9	31,36	12 919,29	6 271,50	43,08	19 190,79	826 643,28
					209 253,51	5 535 613,21

Fuente: elaboración propia.

CmX = 26,45

Para eje Y:

Tabla XXVII. **Centro de masa del eje Y**

Losa	Area	CM	CV	L(m)	Wt	Wi * Li
1	34,13	14 062,59	6 826,50	13,88	20 889,09	289 836,12
2	33,21	13 682,52	6 642,00	13,88	20 324,52	282 002,72
3	45,20	18 623,43	9 040,50	13,88	27 663,93	383 837,03
4	45,20	18 623,43	9 040,50	13,88	27 663,93	383 837,03
5	45,20	18 623,43	9 040,50	13,88	27 663,93	383 837,03
6	44,90	18 496,74	8 979,00	13,88	27 475,74	381 225,89
7	34,13	14 062,59	6 826,50	13,88	20 889,09	289 836,12
8	28,58	11 775,99	5 716,50	8,23	17 492,49	143 875,73
9	31,36	12 919,29	6 271,50	2,83	19 190,79	542 13,98
					209 253,51	2 592 501,65

Fuente: elaboración propia.

Cmy = 12,39

- Centro de rigidez

Es la rigidez que las columnas de cada uno de los marcos ejercen sobre la planta del nivel.

- Rigidez de columnas

Para determinar la rigidez de una columna es necesario saber en qué nivel se encuentra, se asume que las columnas del último nivel de la estructura trabajarán en voladizo.

$$\frac{1}{\frac{Fh^3}{3EcI}+\frac{1{,}2Fh}{AG}}$$

Donde:

F =fuerza actuante en el nivel analizable

H = altura de columna

I = inercia de la sección

G = módulo de cortante G = 0,4 Ec

Ec = módulo de elasticidad de concreto 15000√f´c

A = área de la sección

$$\frac{1}{\frac{30\,704{,}88(320)^3}{3 * 15\,100\sqrt{210} * \frac{1}{12} * 30 * 30^3} + \frac{1{,}2 * 30\,704{,}88 * 320}{30 * 30 * 0{,}4 * 15100 * \sqrt{210}}} = 0{,}04$$

Centro de rigidez:

$$\text{Crxy}\frac{\sum \text{Kiy} * \text{XYi}}{\sum \text{kixy}}$$

Para x

Crx

Tabla XXVIII. **Centro de rigidez del eje X**

Marco	#Col	Kc	Km	L	Km*L
A	2	0,04	0,09	0	0
B	2	0,04	0,09	5,55	0,48
C	2	0,04	0,09	10,95	0,95
D	2	0,04	0,09	14,63	1,27
E	2	0,04	0,09	18,31	1,59
F	2	0,04	0,09	21,99	1,91
G	2	0,04	0,09	25,67	2,23
H	2	0,04	0,09	29,35	2,55
I	2	0,04	0,09	33,03	2,87

Continuación de la tabla XXVIII.

Marco	**#Col**	**Kc**	**Km**	**L**	**Km*L**
J	2	0,04	0,09	36,68	3,19
K	5	0,04	0,22	40,33	8,76
L	5	0,04	0,22	45,85	9,97
			1,30		35,79

Fuente: elaboración propia.

Crx=27,45

Cry:

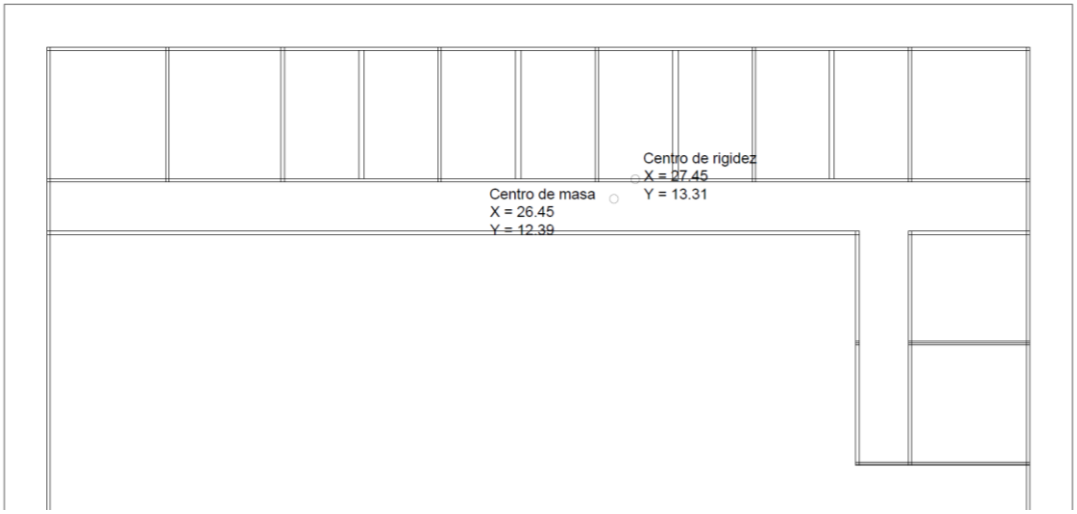
Tabla XXIX. **Centro de rigidez del eje Y**

Marco	#Col	Kc	Km	L	Km*L
1	12	0,04	0,52	19,80	10,33
2	12	0,04	0,52	13,65	7,12
3	9	0,04	0,39	11,20	4,38
4	3	0,04	0,13	5,56	0,74
5	3	0,04	0,13	0	0
			1,70		22,56

Fuente: elaboración propia.

Cry = 13,31

Figura 16. **Figura de centro de masa y centro de rigidez**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Excentricidades

Es necesario conocerlas y así saber si en algunos de los casos las excentricidades extremas resultan en cero, no es necesario calcular la torsión de la estructura.

Las fórmulas para encontrar las excentricidades directas son las siguientes:

Ex = (Cmx – Crx)

Ey = (Cmy – Cry)

Ex = 26,45-27,45 = 0,99

Ey= 12,39-6,25 = 6,13

- Excentricidades accidentales

Como lo indica la norma Agies NSE – 3 en la sección 2,3.2: A, donde dice que debe considerarse una excentricidad accidental del 5 % de la dimensión perpendicular al centro del sismo, la excentricidad de diseño queda establecida por las siguientes fórmulas:

Exy = | Cmxy – Crxy| ± 0,05 * b

En X

E1 = 0,99 + 0,05 *45,85 = 3,28

E2 = 0,99 – 0,05 * 45,85 = 1,30

En Y

E1 = 6,13 + 0,05 * 19,80 = 7,12

E2 = 6,13 – 0,05 * 19,80 = 5,14

- Corte por sismo

$$\frac{\text{Km} * \text{Fx}}{\sum \text{Kmi}}$$

- Corte de torsión

$$\frac{\text{Exy} * \text{Fxy} * (\text{Km} * \text{di})}{\sum(\text{Kmi} * \text{di}^2)}$$

- Corte total

$$VT = Vs + Vt$$

Tabla XXX. **Tabla de torsión en X**

Eje	E		Fx	Km/10	Di	Kmdi	Kmdi²	Vs	Vt	VT
A	E1x	3,28	307 04,88	0,01	-26,45	-0,23	6,08	2 046,99	-837,42	1 209,57
	E2x	-1,30							331,73	2 378,72
B	E1x	3,28	307 04,88	0,01	-20,90	-0,18	3,80	2 046,99	-661,70	1 385,29
	E2x	-1,30							262,12	2 309,12
C	E1x	3,28	307 04,88	0,01	-15,50	-0,13	2,09	2 046,99	-490,74	1 556,25
	E2x	-1,30							194,40	2 241,39
D	E1x	3,28	307 04,88	0,01	-11,82	-0,10	1,21	2 046,99	-374,23	1 672,76
	E2x	-1,30							148,24	2 195,24
E	E1x	3,28	307 04,88	0,01	-8,14	-0,07	0,58	2 046,99	-257,72	1 789,28
	E2x	-1,30							102,09	2 149,08
F	E1x	3,28	307 04,88	0,01	-4,46	-0,04	0,17	2 046,99	-141,21	1 905,79
	E2x	-1,30							55,94	2 102,93
G	E1x	3,28	307 04,88	0,01	-0,78	-0,01	0,01	2 046,99	-24,70	2 022,30
	E2x	-1,30							9,78	2 056,77
H	E1x	3,28	307 04,88	0,01	2,90	0,03	0,07	2 046,99	91,82	2 138,81
	E2x	-1,30							-36,37	2 010,62
I	E1x	3,28	307 04,88	0,01	6,58	0,06	0,38	2 046,99	208,33	2 255,32
	E2x	-1,30							-82,53	1 964,47
J	E1x	3,28	307 04,88	0,01	10,23	0,09	0,91	2 046,99	323,89	2 370,88
	E2x	-1,30							-128,30	1 918,69
K	E1x	3,28	307 04,88	0,01	13,88	0,30	4,19	5 117,48	1098,62	6 216,10
	E2x	-1,30							-435,20	4 682,28
L	E1x	3,28	307 04,88	0,01	19,43	0,42	8,20	5 117,48	1537,91	6 655,39
	E2x	-1,30							-609,22	4 508,26

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Tabla de torsión en Y**

Eje	E		Fx	Km/10	Di	Km*Fi	Kmdi	Kmdi²	Vs	Vt	VT
1	E1y	7,12	30704,88	0,05	-12,39	1601,41	-0,65	8,01	9447,65	-12706,58	-3258,92
	E2y	5,14								-9175,22	272,43
2	E1y	7,12	30704,88	0,05	-6,74	1601,41	-0,35	2,37	9447,65	-6912,21	2535,44
	E2y	5,14								-4991,20	4456,45
3	E1y	7,12	30704,88	0,04	-1,59	1201,06	-0,06	0,10	7085,74	-1222,97	5862,77
	E2y	5,14								-883,09	6202,65
4	E1y	7,12	30704,88	0,01	0,86	400,35	0,01	0,01	2361,91	220,49	2582,41
	E2y	5,14								159,21	2521,13
5	E1y	7,12	30704,88	0,01	7,01	400,35	0,09	0,64	2361,91	1797,28	4159,19
	E2y	5,14								1297,79	3659,70

Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Fuerzas por marco

Determinar las fuerzas por marco consiste en dividir el corte por nivel dentro del número de marcos que soportarán dicha fuerza. En el sentido X y Y, hay 12 y 5 ejes respectivamente, se operan los marcos de la siguiente manera:

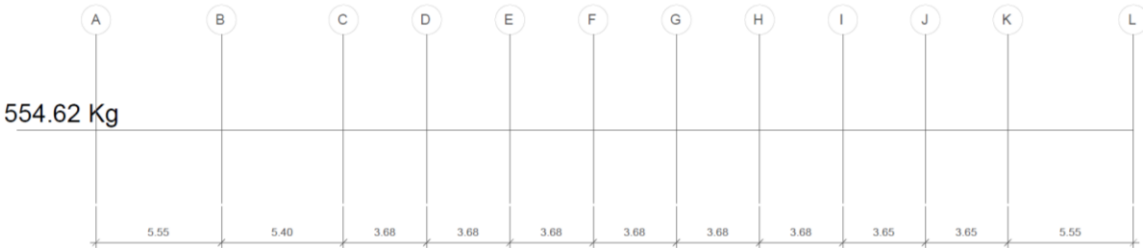
En la dirección de X:

$$\text{Fx} = \frac{6655{,}39}{12} = 554{,}62 \text{ kg}$$

En la dirección de Y

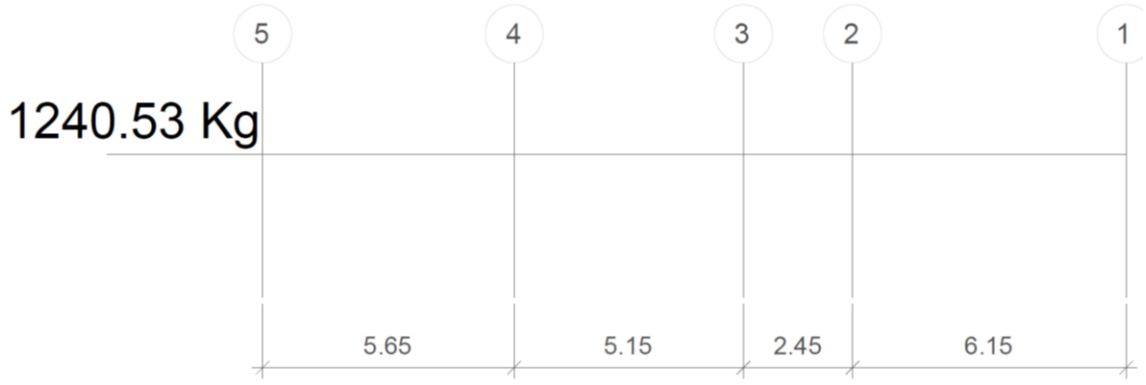
$$\text{Fx} = \frac{6202{,}65}{5} = 1240{,}53 \text{ kg}$$

Figura 17. **Fuerza por marco X**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Fuerza por marco Y**



Fuente: elaboración propia.

2.1.6.1. Análisis estructural por el método de Cross

El método de redistribución de momentos, mayormente conocido como método de Cross, es un análisis estructural para edificaciones y para cada uno de los elementos que las componen, permite el cálculo de estructuras hiperestáticas mediante el desarrollo de un método iterativo que converja.

En el método cada articulación de la estructura que se va a analizar es fijada a fin de desarrollar los momentos en los extremos fijos. Después cada articulación fija es secuencialmente liberada y el momento en el extremo fijo (el cual al momento de ser liberado no está en equilibrio) es distribuido a miembros adyacentes hasta que el equilibrio es alcanzado.

Para la aplicación del método de Cross hay conceptos básicos que hay que seguir:

- Momentos de empotramiento en los extremos fijos: son lo momentos producidos al extremo del miembro por cargas externas cuando las juntas están fijas.

- Rigideces: la rigidez a la flexión de los miembros es representada como el producto del módulo de elasticidad y el segundo momento de área, también conocido como momento de inercia (I) dividido por la longitud del elemento (L). Pero en este caso se puede tomar el módulo de elasticidad como constante debido a que todos los elementos están hechos del mismo material.

$$K = \frac{I}{L}$$

Donde:
I = inercia
L = longitud del elemento

El valor de la inercia se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

Los factores de distribución pueden ser considerados como las proporciones de los momentos no balanceados llevados por cada uno de sus miembros. Este es un valor por el cual se debe multiplicar el momento aplicado al nudo para obtener el momento que absorbe el extremo de cada uno de ellos.

La fórmula para la obtención de este es la siguiente:

$$Dij \frac{Kij}{\sum_{i=1}^{m} Ki}$$

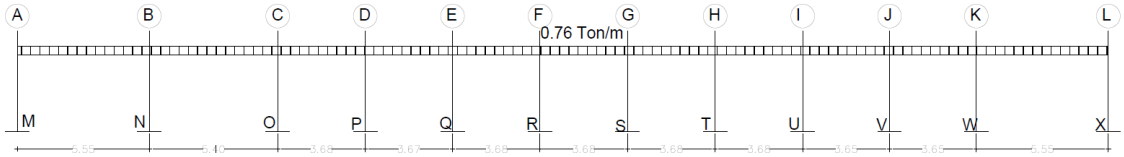
Factor de transporte: este factor es el mismo que se aplicó en el método de puntos de inflexión, los momentos no balanceados son llevados sobre el otro extremo del miembro cuando la junta es liberada. La razón de momento acarreado sobre el otro extremo, al momento en el extremo fijo del extremo inicial, es el factor de acarreo.

Convención de signos: un momento actuando en sentido horario es considerado positivo.

2.1.6.2. Análisis de carga muerta

Para esto se analizará un marco por edificio, en este caso se tomarán los ejes horizontales ya que son los ejes más grandes.

Figura 19. **Análisis de carga muerta de eje 1, edificio 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

La sección de columnas y vigas son de 0,30m x 0,30m y 0,45m x 0,25m, respectivamente. Para ambos edificios estos datos se necesitan para calcular la rigidez de dichos elementos.

$$K = \frac{I}{L}$$

Donde:

I = inercia

L = longitud del elemento

Inercia:

$$I = \frac{1}{12} b * h^3$$

Inercia de columnas = 0,000675

Inercia de vigas = 0,00202

Tabla XXXII. **Rigideces de vigas de edificio 1**

Viga	b (m)	h (m)	I (m4)	L(m)	K = I/L (m3)
A-B	0,25	0,45	0,00202	5,55	0,000364
B-C	0,25	0,45	0,00202	5,45	0,000374
C-D	0,25	0,45	0,00202	3,68	0,000549
D-E	0,25	0,45	0,00202	3,68	0,000549
E-F	0,25	0,45	0,00202	3,68	0,000549
F-G	0,25	0,45	0,00202	3,68	0,000549
H-I	0,25	0,45	0,00202	3,68	0,000549
I-J	0,25	0,45	0,00202	3,65	0,000549
J-K	0,25	0,45	0,00202	3,65	0,000549
K-L	0,25	0,45	0,00202	5,55	0,000364

Fuente: elaboración propia.

Se calculan los factores de distribución de cada uno de los nudos, para lo cual se utiliza la rigidez de cada uno de los elementos con la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Dij} = \frac{\mathrm{Kij}}{\sum \mathrm{ki}}$$

Donde:

Dij = factor de distribución

Kij = rigidez del elemento

∑ki = sumatoria de rigideces en el nudo

Tabla XXXIII. **Factores de distribución para eje 1 edificio 1**

Nudo A	Dab	Dam	
Factor de distribución	0,60	0,40	
Nudo B	Dba	Dbn	Dbc
Factor de distribución	0,37	0,25	0,38
Nudo C	Dcb	Dco	Dcd
Factor de distribución	0,32	0,21	0,47
Nudo D	Ddc	Ddp	Dde
Factor de distribución	0,41	0,18	0,41
Nudo E	Ded	Deq	Def
Factor de distribución	0,41	0,18	0,41
Nudo F	Dfe	Dfr	Dfg
Factor de distribución	0,41	0,18	0,41
Nudo G	Dfd	Dgs	Dgh
Factor de distribución	0,41	0,18	0,41
Nudo H	Dhg	Dht	Dhi
Factor de distribución	0,41	0,18	0,41
Nudo I	Dih	Diu	Dij
Factor de distribución	0,41	0,18	0,41
Nudo J	Dji	Djv	Djk
Factor de distribución	0,41	0,18	0,41
Nudo K	Dkj	Dkw	Dkl
Factor de distribución	0,47	0,21	0,31
Nudo L	Dlk	Dlx	
Factor de distribución	0,60	0,40	

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de los momentos fijos sin ladeo se utiliza la siguiente expresión:

$$\mathrm{Mf} = \frac{\mathrm{wl}^2}{12}$$

Donde:

Mf = momento fijo

W = carga distribuida

L = longitud del elemento

Para la convención de signos se toma qué momentos actuantes en contra de las agujas del reloj son positivos y momentos actuantes en dirección a las agujas del reloj son negativos.

$$Mab = -Mba = \frac{\left(0{,}76\frac{\text{TOn}}{\text{m}}\right)*(5{,}55\ \text{m})^2}{12} = 3{,}68\ \text{Ton} * \text{m}$$

Este mismo procedimiento se hace para cada uno de los nudos del marco 1, a continuación se presenta una tabla resumen con los momentos ocasionados por la carga muerta:

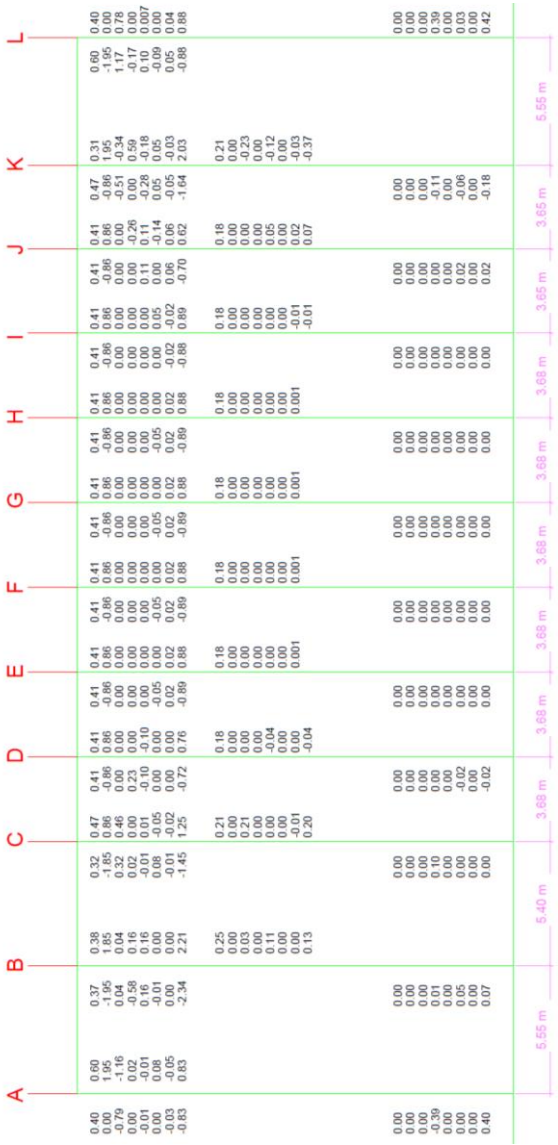
Tabla XXXIV. **Momentos ocasionados por carga muerta**

Vigas	W (ton/m)	L(m)	Momento fijo sin ladeo (Ton*m)	
A-B	0,76	5,55	1,95	-1,95
B-C	0,76	5,40	1,85	-1,85
C-D	0,76	3,68	0,86	-0,86
D-E	0,76	3,68	0,86	-0,86
E-F	0,76	3,68	0,86	-0,86
F-G	0,76	3,68	0,86	-0,86
G-H	0,76	3,68	0,86	-0,86
H-I	0,76	3,68	0,86	-0,86
I-J	0,76	3,65	0,86	-0,86
J-K	0,76	3,65	0,86	-0,86
K-L	0,76	5,55	1,95	-1,95

Fuente: elaboración propia.

A continuación se hace el análisis de la carga muerta del marco mediante el método de Cross.

Figura 20. **Análisis de carga muerta por medio del método de Cross**

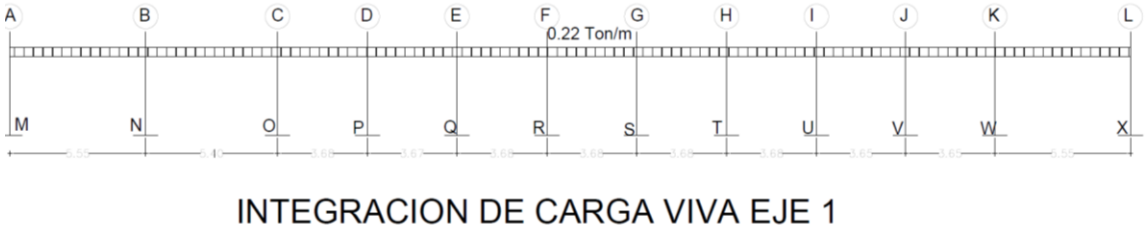


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.6.3. Analisis de carga viva

Para el análisis de la carga viva se hace de la misma manera que con la carga muerta, se utiliza la rigidez de cada elemento para el cálculo de los factores de distribución y las cargas vivas que actúan la estructura.

Figura 21. **Carga viva actuante en el eje 1, edifico 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Para el cálculo de los momentos se hace de la misma manera que con la carga muerta, se utiliza la misma expresión:

$$\mathrm{Mf} = \frac{\mathrm{wl}^2}{12}$$

Donde:

Mf = momento fijo

W = carga distribuida

L = longitud del elemento

Para la convención de signos se toma qué momentos actuantes en contra de las agujas del reloj son positivos y momentos actuantes en dirección a las agujas del reloj son negativos.

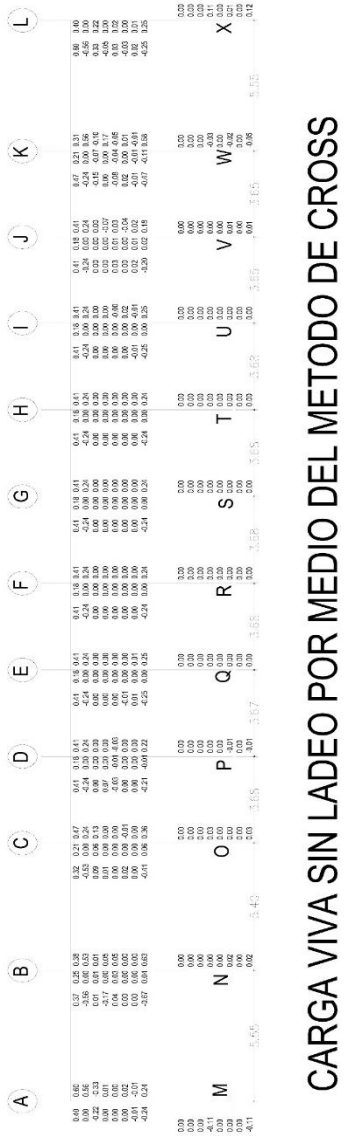
Tabla XXXV. **Momentos fijos sin ladeo**

Vigas	W (ton/m)	L(m)	Momento fijo sin ladeo (Ton*m)	
A-B	0,22	5,55	0,56	-0,56
B-C	0,22	3,68	0,53	-0,53
C-D	0,22	3,68	0,24	-0,24
D-E	0,22	3,68	0,24	-0,24
E-F	0,22	3,68	0,24	-0,24
F-G	0,22	3,68	0,24	-0,24
G-H	0,22	3,68	0,24	-0,24
H-I	0,22	3,68	0,24	-0,24
I-J	0,22	3,68	0,24	-0,24
J-K	0,22	3,68	0,24	-0,24
K-L	0,22	3,68	0,56	-0,56

Fuente: elaboración propia.

A continuación se hace el análisis de la carga viva del marco mediante el método de Cross.

Figura 22. **Análisis de la carga viva por medio del método de Cross**

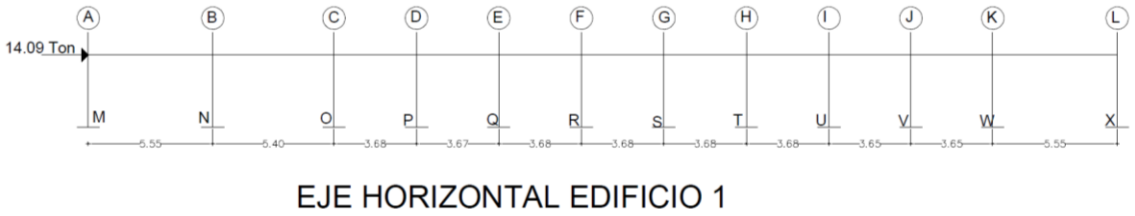


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.6.4. Analisis de carga de sismo

Para el análisis de la carga de sismo se toman en cuenta las fuerzas horizontales para así poder calcular con el método de cross los momentos fijos con ladeo que actúan sobre el marco.

Figura 23. **Carga de sismo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Luego de calculados los momentos sin ladeo ocasionados por la carga viva y muerta, se debe desacoplar el marco y realizar diagramas de cuerpo libre de cada uno de los elementos incluyendo las fuerzas externas en cada uno de los elementos afectados. Para encontrar la fuerza de tope, a la cual se le llamará fuerza F.

Tabla XXXVI. **Momentos fijos con ladeo y reacciones en los nudos**

Momentos en columnas	Momentos fijos con ladeo (Ton*m)		Reacciones en los nudos (T)	
Mam, Mma	-1,55	-0,75	NUDO A (HA)	0,84
Mbn, Mnb	0,25	0,12	NUDO B (HB)	-0,14
Mco, Moc	0,37	0,19	NUDO C (HC)	-0,20
Mdp, Mpd	-0,08	-0,04	NUDO D (HD)	0,04
Meq, Mqe	0,02	0,00	NUDO E (HE)	-0,01
Mfr, Mrf	0,00	0,00	NUDO F (HF)	0,00
Mgs, Msg	0,00	0,00	NUDO G (HG)	0,00
Mht, Mth	0,00	0,00	NUDO H (HH)	0,00
Miu, Mui	-0,02	0,00	NUDO I (HI)	0,01
Mjv, Mvj	0,13	0,04	NUDO J (HJ)	-0,06
Mkw, Mwk	-0,70	-0,33	NUDO K (HK)	0,39
Mlx, Mxl	1,67	0,80	NUDO L (HL)	-0,90

Fuente: elaboración propia.

Ya con los momentos calculados continuamos para encontrar la fuerza de tope (F), para ello se analiza la viga desde el eje A hasta el L:

$$\sum FH = 0$$

F = HA+HB+HC+HD+HE+HF+HG+HH+HI+HJ+HK+HL+Fsismo

F= 0,84-0,14-0,20+0,04-0,01+0+0+0+0,01-0,06+0,39-0,90+14,09

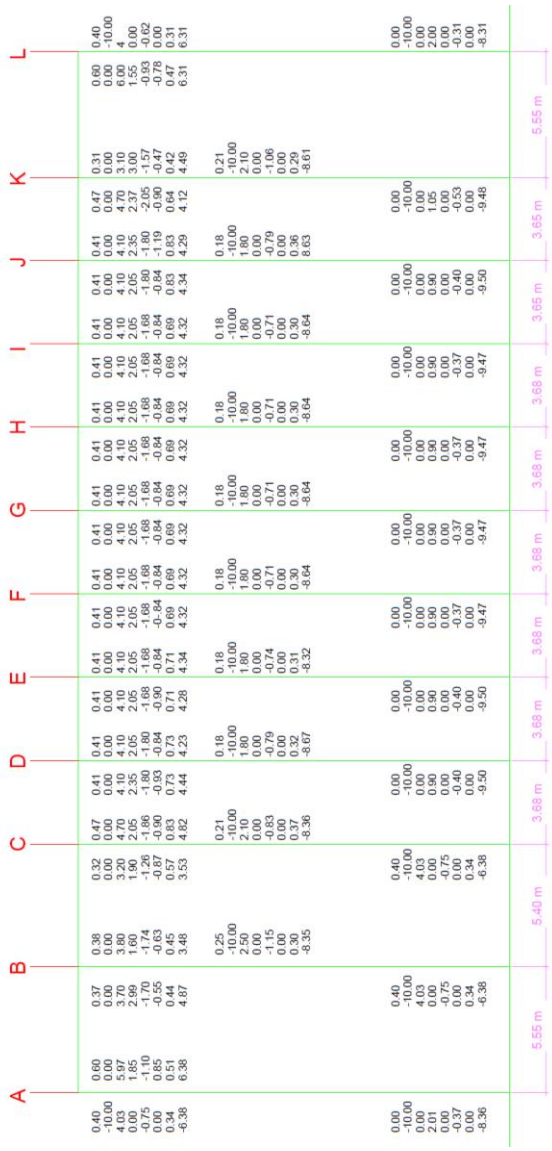
F = 14,04 T

Acontinuacion se calculan los momentos con ladeo ocasionados por la carga muerta en el mismo eje que se viene trabajando del edificio 1. Para iniciar el análisis con desplazamiento lateral es necesario calcular los momentos con ladeo cuya fórmula es la siguiente:

$$R = \frac{I}{L^2}$$

Ahora se vuelve a analizar el marco por el método de distribución de momentos, solo que se utilizan únicamente los valores de ladeo y no tomando en cuenta las cargas gravitacionales. Una vez teniendo calculados los momentos con ladeo se debe realizar un diagrama de cuerpo libre para cada uno de los elementos.

Figura 24. **Carga muerta con ladeo por el método de Cross**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Tabla XXXVII. **Momentos finales en columnas**

Momentos en columnas	**Momentos fijos con ladeo (Ton*m)**		**Reacciones en los nudos (T)**	
Mam, Mma	-6,38	-8,36	NUDO A (HA)	5,36
Mbn, Mnb	-8,35	-9,32	NUDO B (HB)	6,43
Mco, Moc	-8,36	-9,36	NUDO C (HC)	6,44
Mdp, Mpd	-8,67	-9,50	NUDO D (HD)	6,61
Meq, Mqe	-8,62	-9,47	NUDO E (HE)	6,58
Mfr, Mrf	-8,64	-9,47	NUDO F (HF)	6,58
Mgs, Msg	-8,64	-9,47	NUDO G (HG)	6,58
Mht, Mth	-8,64	-9,47	NUDO H (HH)	6,58
Miu, Mui	-8,62	-9,47	NUDO I (HI)	6,58
Mjv, Mvj	-8,63	-9,50	NUDO J (HJ)	6,59
Mkw, Mwk	-8,67	-9,48	NUDO K (HK)	6,60
Mlx, Mxl	-6,31	-8,31	NUDO L (HL)	5,32

Fuente: elaboración propia.

Ya con los momentos calculados se continúa para encontrar la fuerza de equilibrio (f), para ello se analiza la viga desde el eje A hasta el L.

F = HA+HB+HC+HD+HE+HF+HG+HH+HI+HJ+HK+HL

F = 5,36+6,43+6,44+6,61+6,58+6,58+6,58+6,58+6,58+6,59+6,60+5,32

F = 76,25 T

Con los dos valores de la fuerza de tope (F) y la fuerza de equilibrio (f) calculados se procede a encontrar el valor de corrección, este se obtiene de despejar x de la siguiente ecuación:

$$F + fx = 0$$

Factor de corrección

X = 0,18

Con el valor del factor de corrección calculado se procede a calcular los momentos finales con la siguiente ecuación:

$$Mfinalij = Msl + Mcl * x$$

Mab = 1,55 Ton-m + 6,38 Ton-m (0,18)

Mab = 2,73 Ton-m

Tabla XXXVIII. **Tabla resumen de momentos finales**

Nudo A	Momento (Ton-m)	Nudo B	Momento (Ton-m)	Nudo C	Momento (Ton-m)
Mab	2,73	Mba	-3,51	Mcb	-2,08
Mam	-2,73	Mbn	-1,28	Mco	-1,17
		Mbc	4,80	Mcd	3,24
Nudo D	Momento (Ton-m)	Nudo E	Momento (Ton-m)	Nudo F	Momento (Ton-m)
Mdc	-0,54	Med	-0,88	Mfe	-0,82
Mdp	-1,67	Meq	-1,57	Mfr	-1,59
Mde	2,22	Mef	2,45	Mfg	2,41
Nudo G	Momento (Ton-m)	Nudo H	Momento (Ton-m)	Nudo I	Momento (Ton-m)
Mgf	-0,82	Mhg	-0,82	Mih	-0,86
Mgs	-1,59	Mht	-1,59	Miu	-1,61
Mgh	2,41	Mhi	2,41	Mij	2,46

Continuación de la tabla XXXVIII.

Nudo J	Momento (Ton-m)	Nudo K	Momento (Ton-m)	Nudo L	Momento (Ton-m)
Mji	-0,51	Mkj	-2,34	Mlk	-0,50
Mjv	-1,45	Mkw	-2,30	Mlx	0,50
Mjk	1,97	Mkl	4,66		

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.5. Envolvente de momentos

Con los resultados de cada una de las cargas aplicadas sobre la estructura, se calcula la envolvente de momentos, la cual muestra las condiciones más críticas bajo las cuales la estructura se ve afectada. La siguiente tabla contiene las combinaciones mencionadas en la sección anterior tanto para momentos como para el corte y así poder encontrar la envolvente de momentos.

2.1.6.5.1. Combinación de cargas

Para el cálculo de las condiciones más críticas que pueden afectar a la estructura se deben utilizar las diferentes combinaciones de carga que el código ACI 318-19 en el capítulo 5 brinda para el diseño de elementos estructurales, en las cuales se toman diferentes tipos de carga como: vivas, muertas, por viento, sísmicas. Las posibles combinaciones que se analizan son las siguientes:

Mu = 1,4mcm + 1,7mcv
Mu = 0,75 * (1,4mcm + 1,7mcv+ 1,87 mcs)
Mu = 0,75 * (1,4mcm + 1,7mcv+ 1,87 mcs)

Donde:

Mu = momento último

Mcm = momento por carga muerta

Mcv = momento por carga viva

Mcs = momento por carga de sismo

Tabla XXXIX. **Envolvente de momentos**

2.5 Resultados teóricos - detalles:

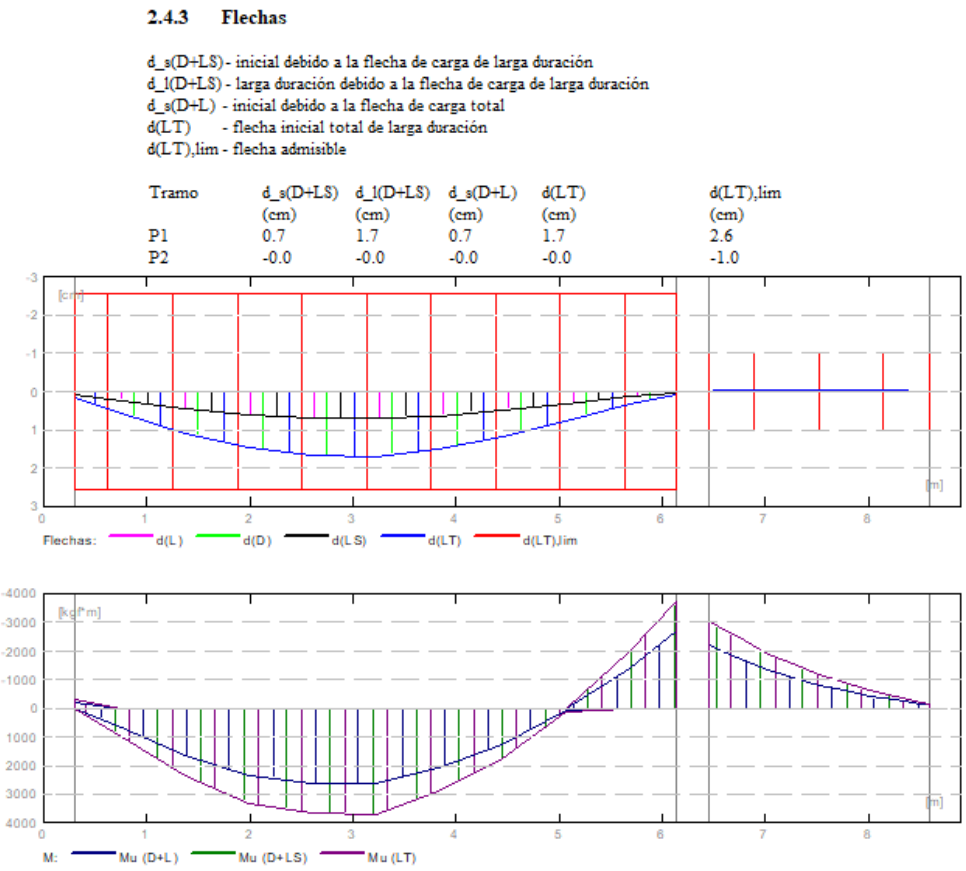
2.5.1 P1 : Tramo de 0.30 a 6.15 (m)

	ELU		ELS			
Abscisa (m)	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,mín. (kgf*m)	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,mín. (kgf*m)	As (cm2)	As' (cm2)
0.30	0.00	-415.86	0.00	-277.40	0.00	0.28
0.77	1338.81	-0.00	1010.01	0.00	0.92	0.00
1.38	3107.17	-0.00	2359.27	0.00	2.18	0.00
2.00	4339.95	-0.00	3297.78	0.00	3.08	0.00
2.61	4827.60	-0.00	3670.35	0.00	3.45	0.00
3.23	4870.27	-0.00	3700.69	0.00	3.48	0.00
3.84	3830.64	-0.00	2914.35	0.00	2.71	0.00
4.46	2326.20	-0.00	1770.95	0.00	1.62	0.00
5.07	137.04	-0.00	106.48	0.00	0.09	0.00
5.69	0.00	-2610.33	0.00	-1986.08	0.00	1.82
6.15	0.00	-4900.79	0.00	-3735.88	0.00	3.50

	ELU	ELS	
Abscisa (m)	Vu,máx. (kgf)	Vu,máx. (kgf)	A de cosido (cm2/m)
0.30	-3454.59	-2648.64	0.00
0.77	-3300.80	-2520.69	0.00
1.38	-2113.70	-1616.22	0.00
2.00	-1904.57	-1442.63	0.00
2.61	-221.40	-171.35	0.00
3.23	1581.92	1188.77	0.00
3.84	1792.95	1363.77	0.00
4.46	3459.06	2622.59	0.00
5.07	3668.27	2796.25	0.00
5.69	4815.09	3671.45	0.00
6.15	4951.32	3786.00	0.00

Fuente elaboración propia, empleando Etabs 2018.

Figura 25. **Envolvente de momentos**

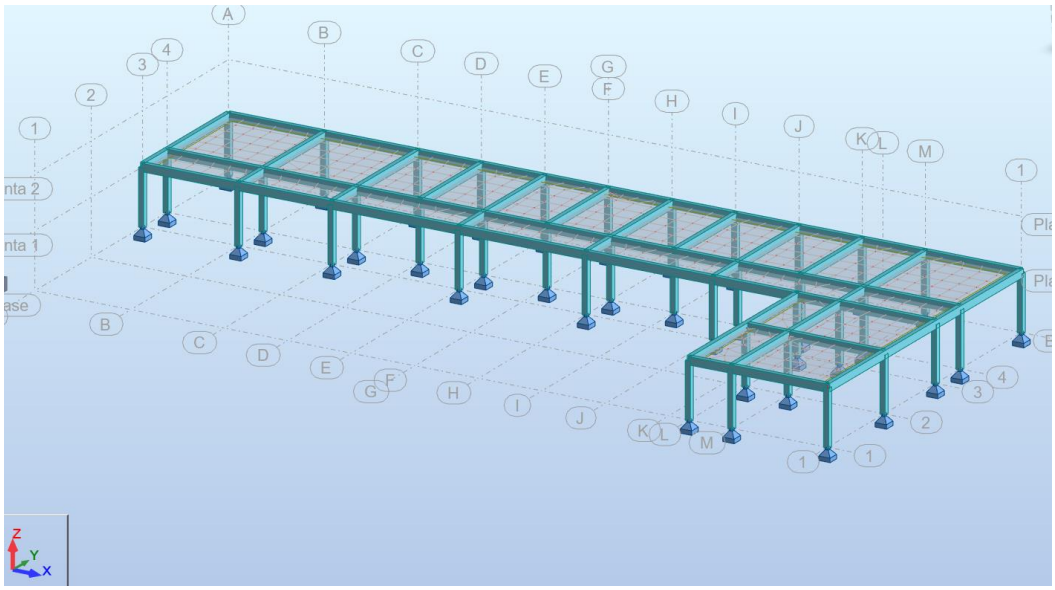


Fuente elaboración propia, empleando Etabs 2018.

2.1.6.6. Análisis estructural mediante Etabs

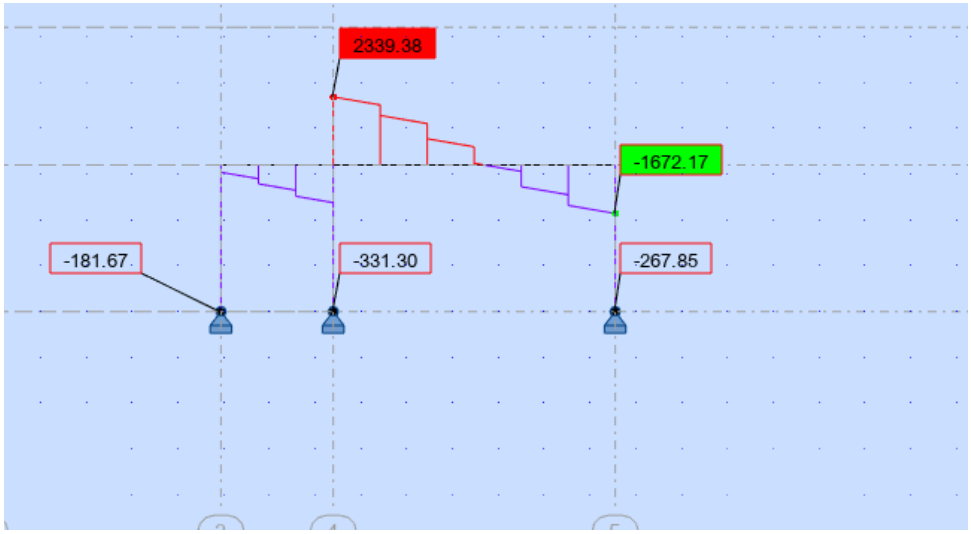
Actualmente hay una gran cantidad de programas que se utilizan para el análisis estructural de diversos proyectos, los cuales brindan muchas ventajas. Para el análisis de este proyecto se utilizó el programa Etabs 2020 con la versión más reciente, el cual es utilizado para el análisis y diseño de elementos estructurales.

Figura 26. **Modelación del proyecto en Etabs**



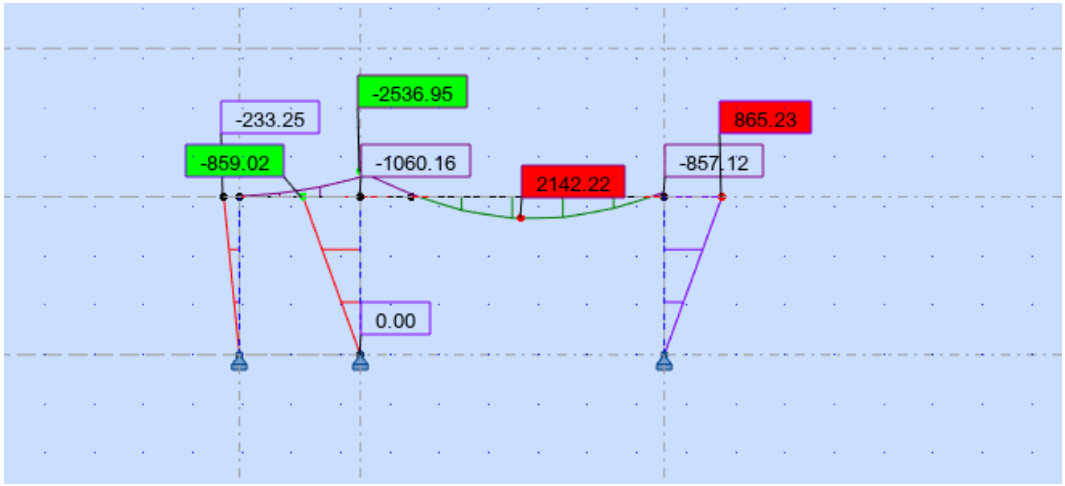
Fuente elaboración propia, empleando Etabs 2018.

Figura 27. **Diagrama de corte en marcos**



Fuente elaboración propia, empleando Etabs 2018.

Figura 28. **Diagrama de momentos en marcos**



Fuente elaboración propia, empleando Etabs 2018.

2.1.6.7. Comparación de resultados Cross vrs Etabs

Al comparar los resultados que se realizaron con el método tradicional y los obtenidos mediante el uso de Etabs se puede observar que la diferencia es muy poca, ya que no es más del 5 %. Esto se puede deber a que al momento de hacer el análisis mediante software este analiza toda la estructura en tres dimensiones y todos los marcos a la vez, y este es más exacto y el método tradicional analiza únicamente en dos dimensiones y un marco a la vez, y este suele ser siempre más inexacto. A pesar de la diferencia que existe entre ambos métodos se puede decir que los resultados son satisfactorios y la diferencia es muy poca.

2.1.7. Diseño estructural

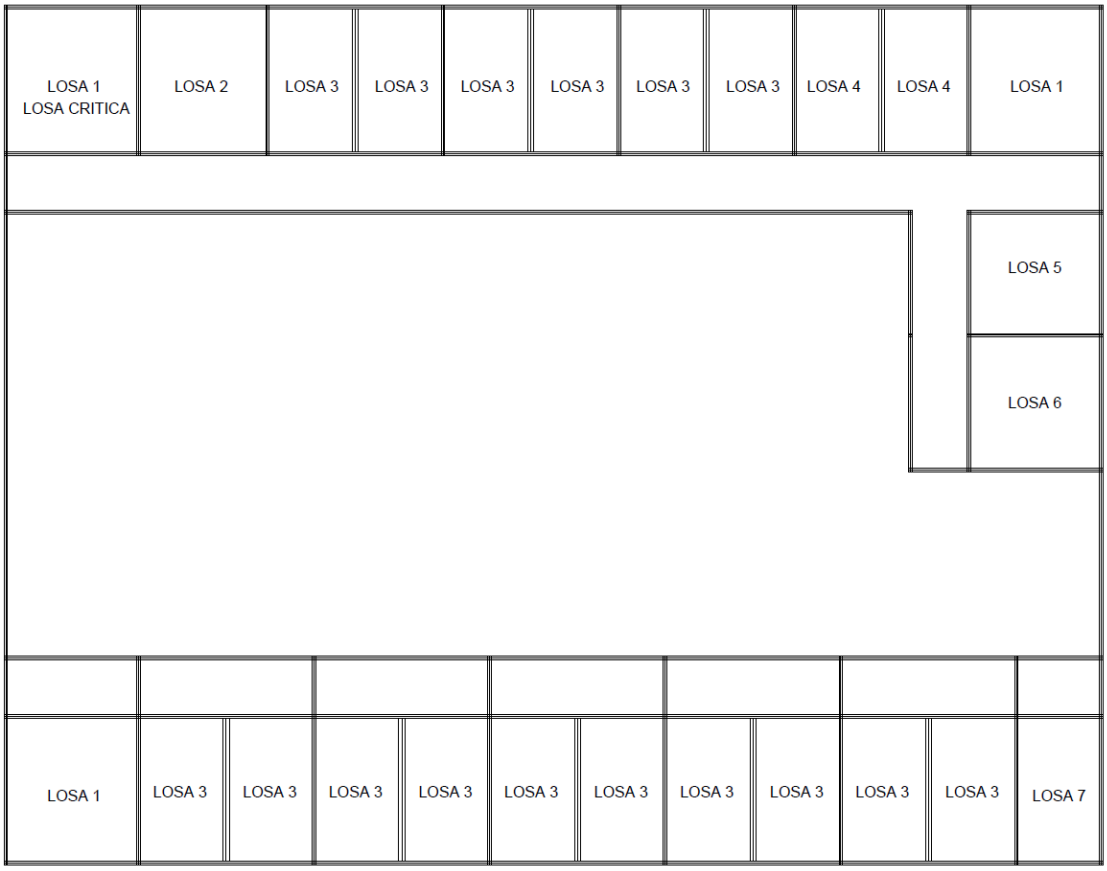
En esta parte se diseña cada uno de los elementos que conforman la estructura tales como columnas, vigas, losa y zapatas. El objetivo del diseño estructural es crear una estructura capaz de resistir todas las cargas aplicadas sobre sí, sin fallas durante su vida de uso.

Una estructura se diseña para que no falle durante su vida útil. Se reconoce que una estructura falla cuando deja de cumplir su función de manera adecuada. Las formas de falla pueden ser: falla servicio, falla por rotura o inestabilidad. La falla de servicio es cuando la estructura sale de uso por deformaciones excesivas ya sean elásticas o permanentes. La falla por rotura (resistencia) o inestabilidad se da cuando hay movimientos o separación entre las partes de la estructura, ya sea por mal ensamblaje, malos apoyos o rompimiento del material.

2.1.7.1. Diseño de losa

Para el diseño de la losa se toman en cuenta las losas del edificio número 1 y para el numero 2 se realizan de la misma manera. A continuación se presenta una imagen con las losas:

Figura 29. **Planta de losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.7.1.1. Momentos en losa

Para calcular los momentos en cada una de las losas se procederá a utilizar el método 3 del ACI. Para ello se necesitan los siguientes datos:

CM = 200 kg/m2

CV = 702 kg/m2

CMu = 1,4 * CM = 1,4 * 702 kg/m2

CMu = 982,80 kg/m2

CVu = 1,7 * 200 kg/m2

CVu = 1,7 * 200 = 340 kg/m2

CUtotal = CMu + CVu

CUtotal = 982,80 kg/m2 + 340kg/m2

CUtotal = 1322,80 kg/m2.

Para el cálculo de los momentos se utilizan las siguientes expresiones:

$M_A^- = Ccma * CUtot * A^2$

$M_B^- = Ccm_b * CUtot * B^2$

$M_A^+ = Ccm_A * CMu * A^2 + Ccv_A * CVu * A^2$

$M_B^+ = Ccm_B * CMu * B^2 + Ccv_B * CVu * B^2$

Donde:

M_a^- = momento negativo lado corto

M_b^- = momento negativo lado largo

M_a^+ = momento positivo lado corto

M_b^+ = momento positivo lado largo

Ccma = coeficiente de carga muerta en A

Ccmb = coeficiente de carga muerta en B

Ccva = coeficiente de carga viva en A

Ccvb = coeficiente de carga viva en B

Con estos datos se procede a verificar a qué caso pertenece cada una de las losas y con eso obtener los coeficientes respectivos.

Las losas de los baños que están identificadas como losa 1 son idénticas, por lo que se procede de la siguiente manera:

$$m = \frac{a}{b} = \frac{5,55}{6,15} = 0,90$$

M_A- = 0,055 * 1 322,80 kg/m2 * (5,55)² = 2 241,01 kg.m

M_B- = 0,037 * 1 322,80 kg/m2 * (6,15)² = 1 851,17 kg.m

M_A+ = 0,022 * 982,80 kg/m2 * (5,55)² + 0,034 * 340 kg/m2 * (5,55)² = 1022,08 kg.m

M_B+ = 0,014* 982,80 kg/m2 * (6,15)² +0,022 * 340 kg/m2 * (6,15)² = 803,32 kg.m

Losa de dirección:

$$m = \frac{a}{b} = \frac{5,40}{6,15} = 0,88$$

M_A^- = 0,055 * 1 322,80 kg/m2 * (5,45)² = 2 121,51 kg.m

M_B^- = 0,037 * 1 322,80 kg/m2 * (6,15)² = 1 851,17 kg.m

M_A^+ = 0,022 * 982,80 kg/m2 * (5,55)² + 0,034 * 340 kg/m2 * (5,55)² = 967,58 kg.m

M_B^+ = 0,014* 982,80 kg/m2 * (6,15)² +0,022 * 340 kg/m2 * (6,15)² = 803,32 kg.m

Losa de aulas:

$$m = \frac{a}{b} = \frac{3,68}{6,15} = 0,60$$

M_A^- = 0,081 * 1 322,80 kg/m2 * (3,68)² = 1 451,02 kg.m

M_B^- = 0,010 * 1 322,80 kg/m2 * (6,15)² = 500,32 kg.m

M_A^+ = 0,034 * 982,80 kg/m2 * (3,68)² + 0,058 * 340 kg/m2 * (3,68)² = 719,58 kg.m

M_B^+ = 0,004 * 982,80 kg/m2 * (6,15)² +0,007 * 340 kg/m^2 * (6,15)² = 238,71 kg.m

Losas de salón de maestros:

$$m = \frac{a}{b} = \frac{5,55}{5,65} = 0,98$$

M_A^- = 0,045 * 1 322,80 kg/m2 * (5,55)² = 1 833,55 kg.m
M_B^- = 0,045 * 1 322,80 kg/m2 * (5,65)² = 1 900,22 kg.m
M_A^+ = 0,018 * 982,80 kg/m2 * (5,55)² + 0,027 * 340 kg/m2 * (5,55)² = 837,96 kg.m
M_B^+ = 0,018 * 982,80 kg/m2 * (5,65)² +0,027 * 340 kg/m2 * (5,65)² = 857,77 kg.m

Losas de cocina:

$$m = \frac{a}{b} = \frac{5,15}{5,55} = 0,93$$

M_A^- = 0,050 * 1 322,80 kg/m2 * (5,15)² = 1 754,20 kg.m
M_B^- = 0,041 * 1 322,80 kg/m2 * (5,65)² = 1 670,57 kg.m
M_A^+ = 0,020 * 982,80 kg/m2 * (5,15)² + 0,030 * 340 kg/m^2 * (5,15)² = 791,86 kg.m
M_B^+ = 0,016 * 982,80 kg/m2 * (5,55)² +0,025 * 340 kg/m^2 * (5,55)² = 746,18 kg.m

2.1.7.1.2. Balanceo de momentos

El balanceo de momentos se puede realizar por medio de dos métodos, por promedio o por el método de rigidez, esto depende de una condición:

- Si el 80 % del momento mayor < momento menor = por medio del promedio de los momentos.

- Si el 80 % del momento mayor > momento menor = por método de rigidez.

Para esto es necesario calcular las rigideces K1 y K2 de las losas y para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$\mathrm{K1} = \frac{1}{\mathrm{L1}} \; ; \; \mathrm{K2} = \frac{1}{\mathrm{L2}}$$

Donde

L1 = longitud donde se produce el momento menor

L2 = longitud donde se produce el momento mayor

Luego de calcular las rigideces, se calculan los factores de distribución D1 y D2 para cada una de las losas con las siguientes expresiones:

$$\mathrm{D1} = \frac{\mathrm{K1}}{\mathrm{K1} + \mathrm{K2}} \; ; \mathrm{D2} = \frac{\mathrm{K2}}{\mathrm{K1} + \mathrm{K2}}$$

La fórmula para calcular los momentos balanceados es la siguiente:

M1 = M1 + (M2-M1) * D1

M2 = M2 – (M2-M1) * D2

Balanceo de momentos de las losas del edificio 1:

Balanceo de momentos losa 1 – losa 2:

M1 = 2 121,51 Kg.m
M2 = 2 241,01 Kg.m
0,80 * M2 = 1 792,80 kg.m

Se realiza por medio de promedios:

Mb1 = 2 181,26 kg.m
Mb2 = 2 181,26 kg.m

Balanceo de momentos losa 2 – losa 3:

M1 = 1 451,02 Kg.m
M2 = 2 121,51 Kg.m
0,80 * M2 = 1 697,21 kg.m

Se realiza por medio de rigideces:

Mb1 = 1 849,77 kg.m
Mb2 = 1 849,77 kg.m

Balanceo de momentos losa 4 – losa 1:

M1 = 1 451,02 Kg.m
M2 = 2 241,01 Kg.m
0,80 * M2 = 1 792,90 kg.m

Se realiza por medio de rigideces:

Mb1 = 1 926,04 kg.m
Mb2 = 1 926,04 kg.m

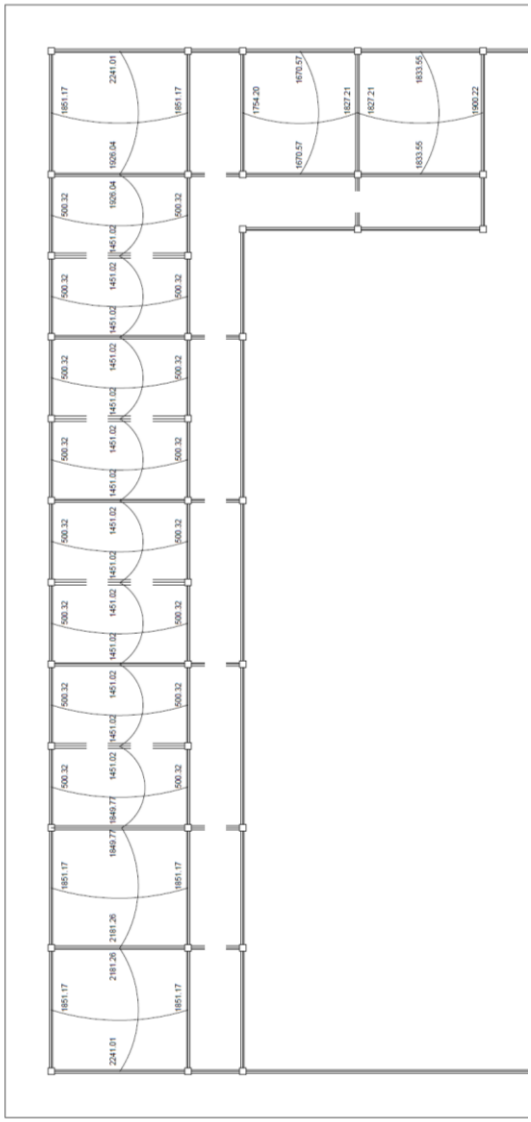
Balanceo de momentos losa 5 – losa 6:

M1 = 1 754,20 Kg.m
M2 = 1 900,22 Kg.m
0,80 * M2 = 1 520,17 kg.m

Se realiza por medio de promedios:

Mb1 = 1 827,21 kg.m
Mb2 = 1 827,21 kg.m

Figura 30. **Momentos balanceados en losas del edificio 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.7.1.3. Acero de refuerzo

Es necesario conocer el peralte efectivo de la losa para el acero de refuerzo, para encontrar el área de acero necesaria, para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$D = t - rec - -\frac{\emptyset}{2}$$

Donde:

D = peralte efectivo de la losa

t = espesor de losa

rec = recubrimiento

Ø = diámetro de la varilla

Se utiliza un recubrimiento mínimo de 2 cm y se utilizará varilla No. 3.

d = 13 cm – 2 cm – 0,45

d = 10,55 cm

Luego se procede a calcular el área de acero con la siguiente expresión:

$$\text{Asmin} = 0{,}4 * \frac{14{,}1}{\text{fy}} * \text{b} * \text{d}$$

Donde:

Asmin = área de acero mínima

Fy = límite de fluencia del acero

b = base (franja unitaria)

d = peralte efectivo de la losa

Asmin = $0{,}4 * \frac{14{,}1}{4\,200} * 100 * 10{,}55$

As min = 1,42 cm²

Cálculo para el espaciamiento:

As S

1,42 cm²……100 cm

0,72 cm²…….. X

X= 51 cm

Smax = 3t = 3(13) = 39 cm

Por ser losas bastante grandes y pesadas se usará un espaciamiento más pequeño S = 11 cm, ahora se procede a calcular el área de acero para este espaciamiento:

As S

0,72 cm²……11 cm

X……100 cm

As = 6,55 m²

Se procede al cálculo del momento que resiste esta nueva área de acero, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Mas} = 0{,}9\ (\text{As} * \text{fy}\ [\text{d} - \frac{(\text{As} * \text{fy})}{1{,}7 * \text{Fc} * \text{b}}\ ]$$

Donde:

Mas = momento que resiste As

Fc = resistencia máxima del concreto

Fy= límite de fluencia del acero

b = base (franja unitaria)

d = peralte efectivo de la losa

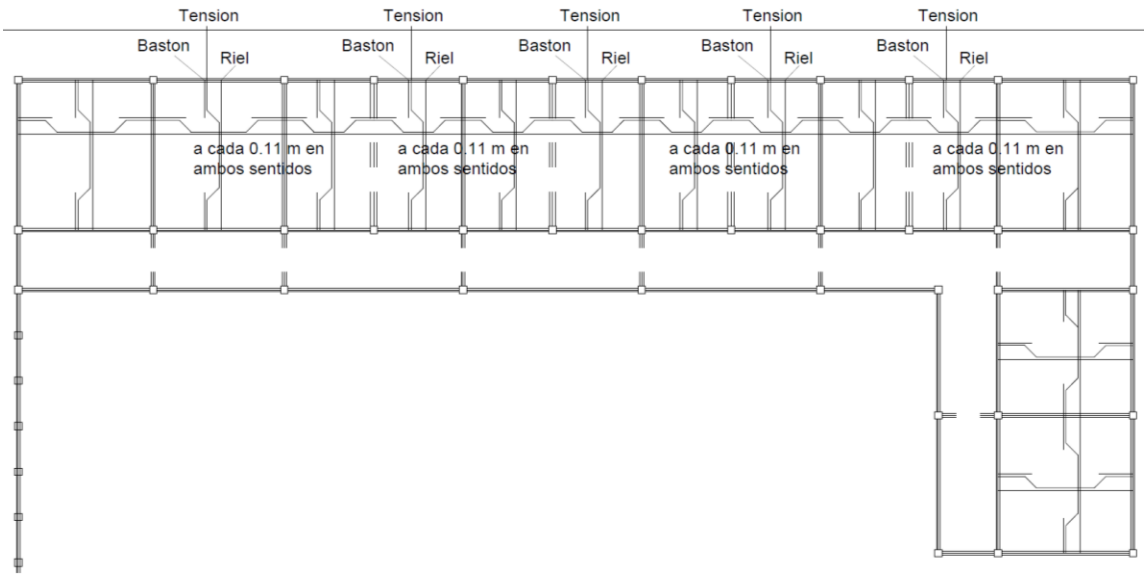
$$\text{Mas} = 0{,}9\ (6{,}55 * 4\,200\ [10{,}55 - \frac{(6{,}55 * 4\,200)}{1{,}7 * 210 * 100}]$$

Mas = 2 419,74 Kg*m

Este momento cubre todos los momentos que actúan en todas las losas del proyecto, por lo cual el área de acero calculada se toma como correcta.

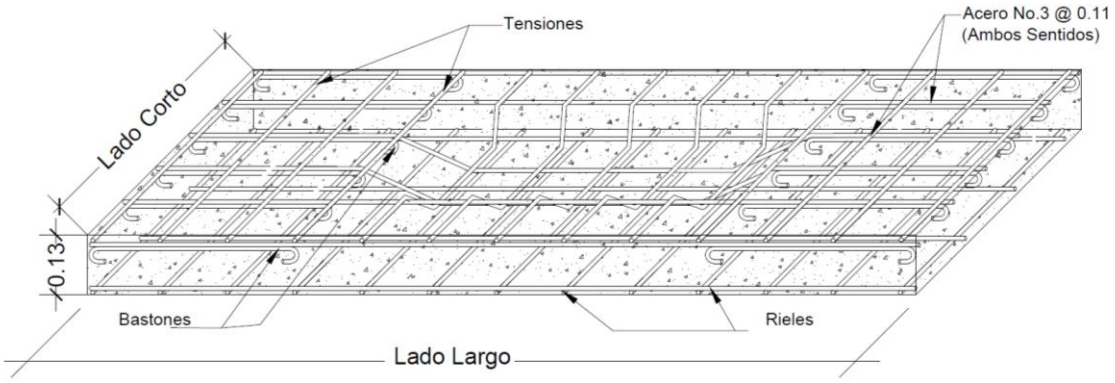
En las losas en una dirección, las cuales son las de los pasillos únicamente, se utiliza refuerzo por temperatura y este se coloca en dirección perpendicular al acero de refuerzo principal.

Figura 31. **Detalle de armado de losa en planta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 32. **Detalle de armado de losa**



DETALLE DE LOSA

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.7.2. Diseño de vigas

Para el diseño de vigas se toma la viga crítica, en este caso se tomará la viga 1-2 y se necesitarán los siguientes datos:

2.1.7.2.1. Diseño a flexión

Para el diseño a flexión de la viga se utilizarán los siguientes datos:

M1-2 = 8,16 Ton-m
fy = 4 200 kg/cm ²
b = 25 cm
d = 45 cm

Acero mínimo:

$$\text{Asmin} = \frac{14{,}1}{\text{fy}} * \text{b} * \text{d}$$

Asmin = $\frac{14{,}1}{4200} * 25 * 45$

Asmin = 3,78 cm²

Acero balanceado (Asbal):

$$\text{Asbal} = \rho\text{bal} * \text{b} * \text{d}$$

$$\rho\text{bal} = \frac{\text{fc}}{\text{fy}} * 0{,}85^2 * \left(\frac{0{,}003}{0{,}003 + \frac{\text{fy}}{\text{Es}}}\right)$$

Donde:

Es = módulo de elasticidad de acero (2,1 x10^6 kg/cm²)

F´c = resistencia del concreto a compresión

fy= límite de fluencia del acero

b = lado menor de la viga

d = peralte efectivo de la viga

$$\rho\text{bal} = \frac{281}{4\,200} * 0{,}85^2 * \left(\frac{0{,}003}{0{,}003 + \frac{2\,810}{2{,}1\text{x}10^6}}\right) = 0{,}03\ \text{cm}^2$$

Asbal = 0,03 * 25 * 45 = 32,63 cm²

Área de acero máximo

Asmax = 0,5 * Asbal

Asmax = 0,5 * 32,63 = 16,31 cm²

Área de acero necesario para el momento negativo crítico:

$$\text{As} = 0{,}85 * \frac{\text{fc}}{\text{Fy}} \left(\text{bd} - \sqrt{(\text{bd})^2 - \frac{\text{Mmax} * \text{b}}{0{,}003825 * \text{fc}}} \right.$$

$$As = 0{,}85 * \frac{281}{4\,200} \left(\sqrt{(45 * 25)^2 - \frac{(8\,159{,}69 * 25)}{0{,}003825 * 281}} \right.$$

As = 4,99 cm²

2.1.7.2.2. Diseño a corte

Para el diseño a corte de la viga se deben seguir ciertos pasos, los cuales se describirán a continuación. Para calcular el corte que resiste el concreto se usa la siguiente expresión:

$$\text{Vc} = 0{,}85 * 0{,}53\sqrt{\text{fc}} * \text{b} * \text{d}$$

Donde:

F´c = resistencia máxima del concreto a los 28 dias

b = base

d = peralte efectivo

$\text{Vc} = 0{,}85 * 0{,}53\sqrt{281} * 25 * 42{,}50 = 8\,023{,}71\ \text{kg}$

Esfuerzo para corte que resiste el concreto:

$$\text{vc} = \frac{\text{Vc}}{\text{b} * \text{d}}$$

Donde:

Vc = corte que resiste el concreto

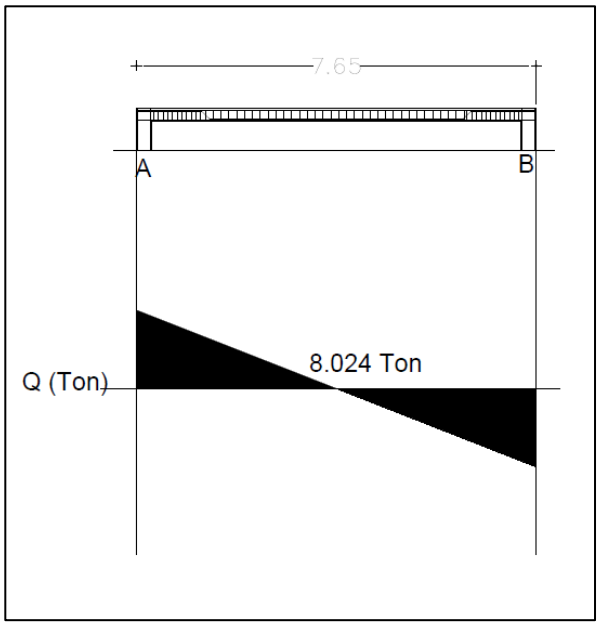
b = base

d= peralte efectivo

$$vc = \frac{8\,023{,}71}{25 * 42{,}50}$$

vc = 7,55 kg/cm²

Figura 33. **Diagrama de corte de la viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Para el cálculo del espaciamiento de estribos fuera de la zona de confinamiento se tiene la siguiente expresión:

$$\text{Smax} = \frac{\text{d}}{2}$$

Donde:

Smax = espaciamiento máximo

d = peralte efectivo

$$\text{Smax} = \frac{42{,}5}{2} = 21{,}25$$

Por seguridad se tomará un espaciamiento de 15 cm.

Para el espaciamiento de estribos cerrados de confinamiento el ACI menciona que este no debe exceder el menor de los siguientes parámetros:

- d/4
- Seis veces el diámetro de las barras principales a flexión
- 15 cm

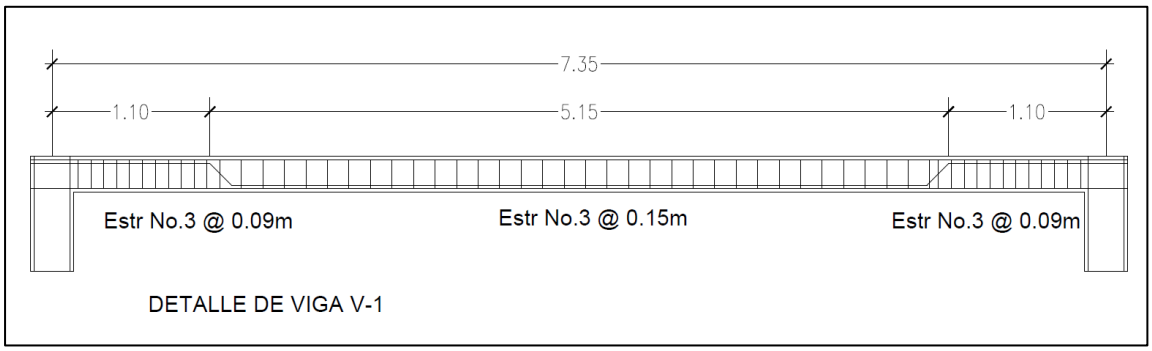
$$\frac{d}{4} = \frac{42{,}50}{4} = 10{,}63$$

6*∅ = 6*1,59 = 9,54

15 cm

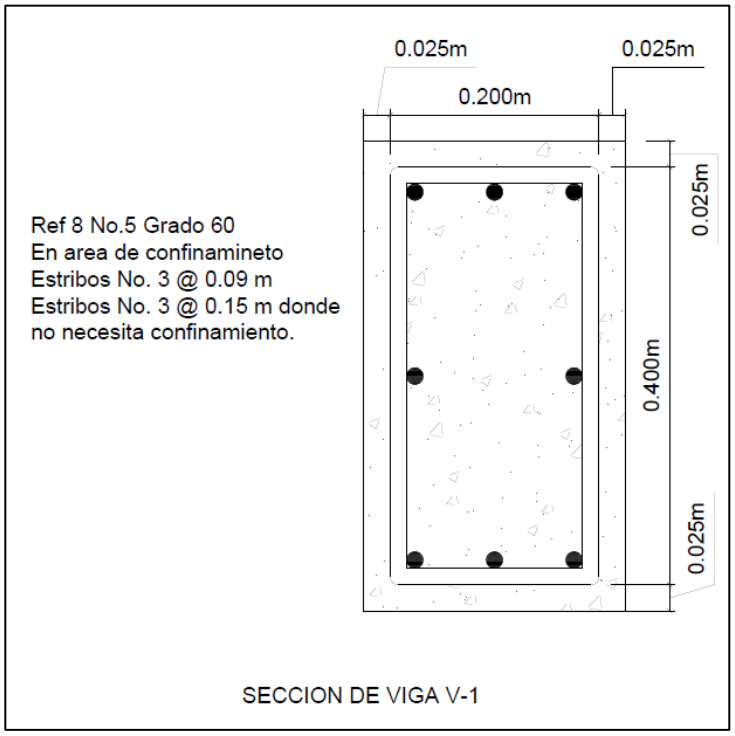
Por lo tanto, se propone que el refuerzo de resistencia de corte sea No. 3 colocado a cada 0,09 m hasta una longitud mínima de 1,10 metros en los extremos de la viga, como lo indica el ACI y en la parte media a cada 0,15 m.

Figura 34. **Detalle de armado de viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 35. **Detalle de armado en secciones de viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.7.3. Diseño de columnas

Hay ciertos parámetros de las columnas como un elemento estructural resistente a los sismos que deben cumplir y se detallan a continuación.

2.1.7.3.1. Requisitos según ACI para columnas

Para el diseño de columnas sismo resistentes, el ACI brinda parámetros que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar una columna.

- El área de acero longitudinal mínimo es el 1 % de la sección de la columna.

$$Astmin = 0{,}01\ Ag$$

- El área de acero longitudinal máxima está comprendida entre el 6 % y el 8 %, esto dependerá de si el área es sísmica o no.

    - 0,06 Ag para áreas sísmicas
    - 0,08 Ag para áreas no sísmicas

- La columna deberá tener como mínimo cuatro varillas de refuerzo longitudinal.

- El lado más pequeño de una columna estructural será de 20 cm.

- El refuerzo transversal o estribo nunca podrá ser menor que 3/8 de pulgada para barras longitudinales menores al número 10; y por lo menos número 4, para barras número 11, 14, 18 y barras empaquetadas.

- La sección mínima para columnas estructurales deberá ser de 400 centímetros cuadrados.

- El recubrimiento mínimo de una columna es en condiciones normales de 3 centímetros.

- La separación entre estribos no debe ser superior a 16 veces el diámetro de la barra longitudinal, ni a 48 centímetros del estribo, ni a la dimensión mínima de la columna.

Para guardar simetría en las dimensiones de la columna se debe tomar la columna crítica, es decir la columna que soporta la mayor carga. La resultante de esa columna se calcula con la siguiente expresión.

$$P = 0,8 * (0,225 * F´c * Ag + Fy * As)$$

Donde:

P = carga puntual

F´c = resistencia del concreto (kg/cm²)

Fy = resistencia del acero (kg/cm²)

As = área del acero

Ag = área gruesa (sección de la columna)

$P = AT * \gamma_{concreto} * t_{losa} = 23,54 m^2 * 2\,400 kg/m^3 * 0,13$

P = 7 344,48 Kg

Usando un As = 0,01Ag

7 344,48 =0,8* [(0,225 *281 *Ag) + (4 200 * 0,01Ag)]
7 344,48 = 84,18 Ag
Ag = 87,25 cm²

El reglamento ACI dice que en la sección mínima para columnas la dimensión no debe ser menor de 20 cm x 20cm, esto aplica para columnas rectangulares y circulares, por seguridad se propone sección de 30 cm x 30 cm = 900 cm².

Datos preliminares:
Sección = 30cm x 30cm
F´c = 281 kg/cm²
Fy = 4 200 kg/cm²

2.1.7.3.2. Carga axial

Es la fuerza que va dirigida paralelamente al eje de simetría de un elemento que conforma una estructura. La fuerza o carga axial puede ser de tensión o de compresión. Si la línea de acción de la fuerza axial coincide con el eje de simetría que pasa por el centroide del elemento considerado, entonces se dice que es una carga o fuerza axial concéntrica.

En este caso se va a calcular utilizando el área tributaria y se debe incluir el peso propio de la viga que se ubica en el área tributaria.

Se utiliza la columna crítica, la cual carga las vigas con luces más grandes que se encuentran en el eje B, que es el que comunica el baño con la dirección.

La fórmula para encontrar el valor de la carga axial que actúa en la columna es la siguiente.

$Pu = At * CU_{total} + Pp_{vigas} * Fcu$

Donde:

At = área tributaria

CU = carga última

Pp = peso propio

Fcu = factor de carga última

$$\mathrm{Pu} = \frac{\mathrm{CUtotal}}{\mathrm{CT}}$$

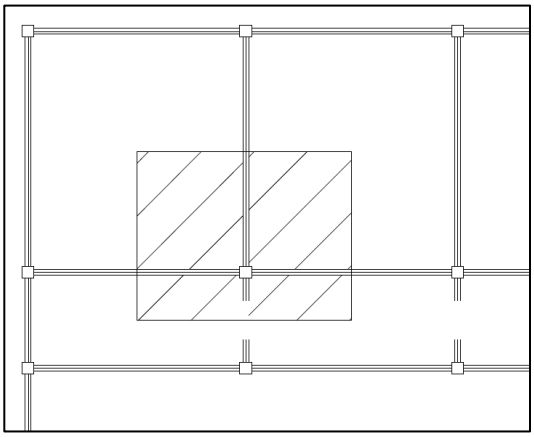
Ct = CM + CV

Donde:

CM = carga muerta

CV = carga viva

Figura 36. **Área tributaria de columna crítica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

CM = 702 kg/m²

CV = 200 kg/m²

CUtotal = 1 322,80 kg/m²

CT = 702 + 200 = 902 kg/m²

$$\text{Fcu} = \frac{\text{CUtotal}}{\text{Ct}}$$

$$\text{Fcu} = \frac{1\,322{,}80}{902} = 1{,}47$$

Ppvigas = 2 643,30 kg

PU = (23,54m² * 1 322,80kg/m²) + (2 643,30 kg *1,47) = 35 015,16 kg

A continuación se debe calcular la esbeltez para los momentos y cargas de diseño y se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{E} = \frac{\text{KLu}}{\text{r}}$$

Donde:

E = esbeltez

K = factor de longitud efectiva

Lu = longitud libre

r = radio de giro

El radio de giro para columnas rectangulares es el 30 % de las dimensiones en la que actúe a flexión y para casos especiales como columnas circulares es del 25 % del diámetro.

E < 21, son columnas cortas, no hay necesidad de magnificar los momentos.

21 ≤ E ≤ E, son columnas esbeltas, se deben magnificar los momentos por medio de métodos aproximados.

E ≥ 100, son columnas esbeltas, se debe realizar un análisis de segundo orden.

El factor de longitud efectiva (k) se obtiene utilizando mediante las ecuaciónes de Furlong, las cuales se describen a continuación:

$$K = \frac{20 - \psi p}{20}\sqrt{1 + \psi p}\ \text{Para}\ \psi p < 2$$

$$K = 0{,}9 * \sqrt{1 + \psi p}\ \text{Para}\ \psi p \geq 2$$

$$\psi p = \frac{\psi a + \psi b}{2}$$

Para calcular el valor de ψ se utiliza una de las siguientes dependiendo sus condiciones:

$$\psi = \frac{\sum k\ \text{columnas}}{\sum k\ \text{de vigas}}$$

ψ = 0, si esta empotrada

Para calcular el valor de las rigideces se emplea la siguiente ecuación:

$$K = \frac{bh^3}{12 * L}$$

Donde:

K = rigidez

b = base

h = altura

L = longitud del elemento

Sentido X-X

Longitud de viga derecha = 2,70 m

Longitud de viga izquierda = 2,78 m

Viga = 0,45 x 0,25 m

Columna = 0,30 x 0,30 m

Rigideces de vigas:

$$\text{K viga izquierda } = \frac{25 * \ 45^3}{12 * 2{,}78} = 682{,}89 \text{ cm}^3$$

$$\text{K viga izquierda } = \frac{25 * \ 45^3}{12 * 2{,}70} = 703{,}13 \text{ cm}^3$$

Rigidez de columna:

$$\text{K columna } = \frac{30 * \ 30^3}{12 * 2{,}75} = 245{,}45 \text{ cm}^3$$

Coeficientes que miden el grado de empotramiento:

$$\psi a = \frac{245{,}45}{682{,}89 + 703{,}13} = 0{,}18$$

ψb = 0, ya que la parte de abajo está empotrada:

$$\psi p = \frac{0{,}18}{2} = 0{,}09$$

Factor de longitud efectiva:

$$K = \frac{20 - 0{,}09}{20} * \sqrt{1 + 0{,}09} = 1{,}04$$

Esbeltez:

$$E = \frac{1{,}04 * 2{,}75}{0{,}30 * 0{,}30} = 31{,}74$$

Se utiliza el método de métodos aproximados:

Sentido Y-Y

Longitud de viga arriba = 3,08 m

Longitud de viga abajo = 1,23 m

Viga = 0,45 x 0,25 m

Columna = 0,30 x 0,30 m

Rigideces de vigas:

$$K \text{ viga arriba} = 616{,}38 \text{ cm}^3$$

$$K \text{ viga abajo} = 1543{,}44 \text{ cm}^3$$

Rigidez de columna:

$$K \text{ columna} = 245{,}45 \text{ cm}^3$$

Coeficientes que miden el grado de empotramiento:

$$\psi a = 0{,}11$$

ψb = 0, ya que la parte de abajo está empotrada:

$$\psi p = 0{,}06$$

Factor de longitud efectiva:

$$K = 1{,}03$$

Esbeltez:

$$E = \frac{1{,}04 * 2{,}75}{0{,}30 * 0{,}30} = 31{,}32$$

- Magnificadores de momentos δx, δy

Se toman los momentos mayores que actúan en los extremos de la columna.

Momento en X = 2,81 Ton.m
Momento en Y = 2,46 Ton.m

Calculo de EI:

$$EI = \frac{Ec * Ig}{2{,}5\ (1 + \beta d)}$$

Donde:

Ec = módulo de elasticidad del concreto

Ig = inercia bruta del elemento

βd = factor del flujo plástico

Cálculo de βd:

$$\beta d = \frac{CMu}{CUtot}$$

Sentido X-X:

$$\beta d = \frac{1{,}4(702)}{1{,}4\ (702) + 1{,}7(200)} = 0{,}74$$

$$EI = \frac{\left(15100 * \sqrt{281}\right) * \left(\frac{30 * 30^3}{12}\right)}{2{,}5\ (1 + 0{,}74)} = 392{,}11\ \text{Ton.}\,\text{m}^2$$

Cálculo de la carga crítica:

$$Pcr = \frac{\pi^2 EI}{KLu^2} = \frac{\pi^2\ * 392{,}11}{1{,}04 * 2{,}75^2} = 492{,}65\ \text{Ton}$$

Cálculo del magnificador δx:

$$\delta x = \frac{1}{1\ -\ \frac{Pu}{\emptyset * Pcr}}$$

$$\delta x = \frac{1}{1\ -\ \frac{35{,}02}{\emptyset * 492{,}65}} = 1{,}11$$

Momentos magnificados

Mδx = 3,13 Ton.m

Mδy = 2,74 Ton.m

2.1.7.3.3. Refuerzo longitudinal

El refuerzo longitudinal debe proporcionar la resistencia a flexo compresión necesaria para que los extremos de las columnas permanezcan en su intervalo de comportamiento de línea conforme se forman articulaciones plásticas en las vigas, para ello es necesaria la buena distribución de acero. A continuación se muestran los datos necesarios para el refuerzo longitudinal:

Datos a considerar:

Pu = 35,02 Ton

Mδx = 3,13 Ton.m

Mδy = 2,74 Ton.m

Rec = 3 cm

F´c = 281 kg/cm²

Fy = 4 200 kg/cm²

Area de acero

Asmin = 0,01* 30*30 = 9cm²

Asmax = 0,08 * 30 * 30 = 72 cm²

As propuesto = 8 varillas No. 6 = 22,96 cm²

Cálculo de excentricidades:

$$\mathrm{ex} = \frac{\mathrm{M\delta x}}{\mathrm{Pu}} = \frac{3{,}13}{35{,}02} = 0{,}09\mathrm{m}$$

$$ex = \frac{M\delta y}{Pu} = \frac{2,74}{35,02} = 0,08m$$

Cálculo de (e/h) x y (e/h) y:

$$\frac{e}{hx} = \frac{0,09}{0,30} = 0,30$$

$$\frac{e}{hx} = \frac{0,08}{0,30} = 0,26$$

Cálculo de γx y γy:

$$\gamma x = \frac{hx - 2 * recubrimiento}{hx} = \frac{0,30 - 2 * 0,025}{0,30} = 0,83$$

$$\gamma y = \frac{hx - 2 * recubrimiento}{hx} = \frac{0,30 - 2 * 0,025}{0,30} = 0,83$$

$$\rho\mu = \frac{Ast}{Ag} * \frac{fy}{0,85 * F'c}$$

$$\rho\mu = \frac{22,80}{900} * \frac{4\ 200}{0,85 * 281} = 0,45$$

$$K'x = 0,67$$

$$K'y = 0,12$$

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} + \frac{1}{P'O}}$$

Donde:

P´u = valor de la carga de falla con excentricidades

P´x = carga de falla cuando solamente existe excentricidad Ex

P´y = carga de falla cuando solamente existe excentricidad Ey

P´o =

2.1.7.3.4. Refuerzo transversal

Para el refuerzo transversal el ACI recomienda que la longitud en el área de confinamiento sea la mayor de las siguientes condiciones:

- Una sexta parte de la luz libre de la columna (L/6)
- Lado mayor de la sección de la columna
- 18 pulgadas (aprox 45 cm)

La separación o espaciamiento a la cual deben estar los estribos en la zona de confinamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\mathrm{So} = \frac{2 * \mathrm{Av}}{\mathrm{Ln} * \ \rho s}$$

Donde:

Av = área de varilla.

Ln = lado mayor sin recubrimiento.

Ps = relación volumétrica del refuerzo en espiral al volumen total del núcleo.

Relación volumétrica Ps:

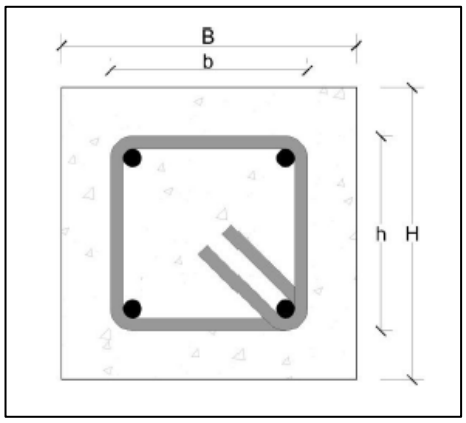
$$\rho s = 0{,}45 * \left(\frac{\mathrm{Ag}}{\mathrm{Ach}} - 1\right) * \frac{\mathrm{F´c}}{\mathrm{fy}}$$

Donde:

Ag = área total de la sección en centímetros cuadrados.

Ach = área en centímetros cuadrados del núcleo medida al diámetro exterior de la espiral.

Figura 37. **Refuerzo transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Ag = B * H

Ach = B * h

b = B – 2 * recubrimiento

h = H – 2 * recubrimiento

Cálculo de zona de confinamiento:

$$\text{Lo} = \begin{Bmatrix} \frac{320}{6} = 53 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \\ 18 \text{ "} = 45 \text{ cm} \end{Bmatrix}$$

Se toma el mayor valor para Lo = 53 cm

$$\rho s = 0{,}45 * \left(\frac{900}{625} - 1\right) * \frac{281}{4\,200} = 0{,}01$$

Cálculo de So:

$$\text{So} = \frac{2 * \text{Av}}{\text{Ln} * \rho s} = \frac{2 * 0{,}72}{27{,}5 * 0{,}01} = 5{,}24 \text{ cm} \approx 5 \text{ cm}$$

Cálculo de Ag y Ach, respectivamente:

Vact = 5 521,88 kg

Ag = 30 * 30 = 900 cm²

Ag = 25 * 25 = 625 cm²

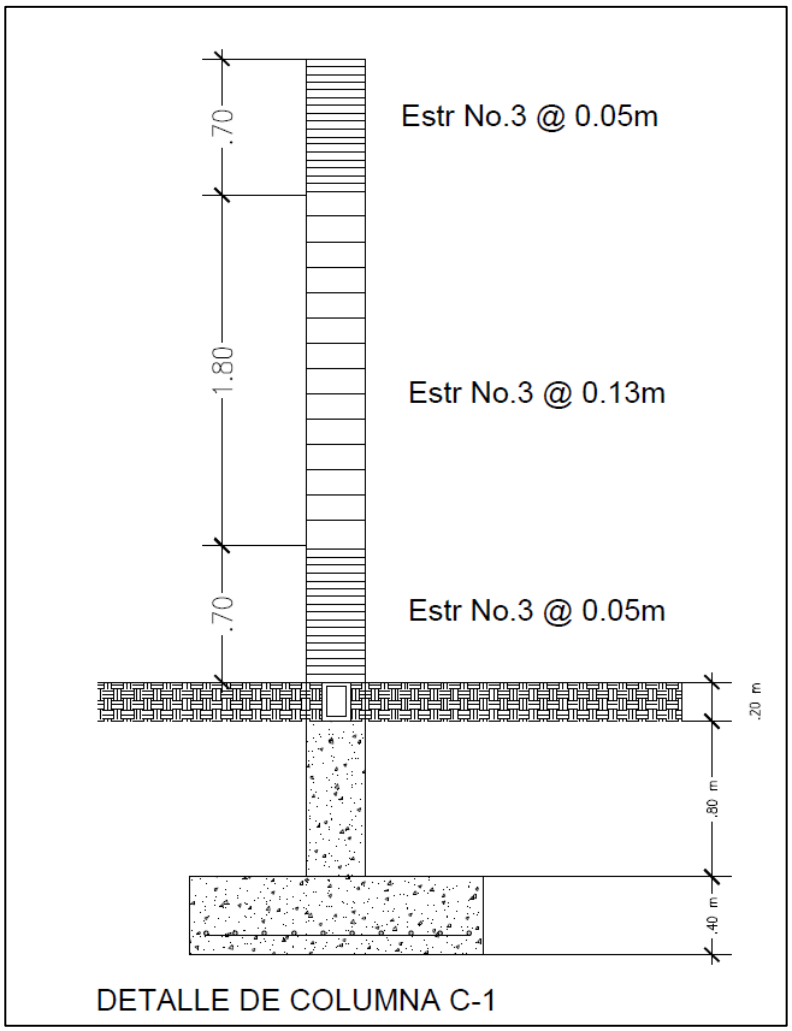
Vcu = $0{,}85 * 0{,}53 * \sqrt{281} = 7{,}55 \text{ Kg/cm}^2$

Cálculo de espaciamiento máximo en área no confinada:

$$\text{Smax} = \frac{\text{d}}{2} = \frac{30 - 2{,}5}{2} = 13{,}75 \text{ cm}$$

S = 13 cm

Figura 38. **Distribución de refuerzo transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.7.4. Diseño de zapatas

La zapata es una cimentación superficial utilizada normalmente en terrenos con resistencia media o alta a la compresión, sobre terrenos homogéneos. Su función es anclar y transmitir las tensiones que genera una estructura al terreno sobre el que se encuentra.

Para el diseño de estas es necesario tomar en cuenta varios factores como las cargas que debe soportar el suelo en el que se lleva a cabo el proyecto. En este caso se tomarán en cuenta la carga concéntrica y a flexión:

Datos preliminares:

F´c = 281 kg/cm²

Fy = 4 200 kg/cm²

Peralte de zapata = 40cm

Sección de zapata = 150 cm x 150 cm

2.1.7.4.1. Valor de soporte del suelo

El ensayo que se realizó fue de compresión triaxial, es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante.

Dicho ensayo se realizó en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

- Capacidad de soporte

La capacidad de soporte se calcula por medio de la fórmula para cimentación cuadrada descrita a continuación:

$$Q = 1{,}3\ CNc + qNq + 0{,}4\ \gamma BN\gamma$$

Donde:

γ = peso específico del suelo

C = cohesiona

Nq = factor de flujo de carga

Nc = factor de carga última

N ɣ = factor de flujo del suelo

B = base de la zapata

q = FS * ɣ

- Datos obtenidos del ensayo

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado.

Descripción del suelo: limo arenoso color café oscuro con materia orgánica.

Dimensión y tipo de la probeta: 2,5” x 5,0”.

Ángulo de fricción interna (Ø): 26,91.

Cohesión (Cu): 2,25Ton/m².

Peso específico: 1,31Ton/m².

q = 1,2 * 1,31 = 1,57.

Para los valores de Nq, Nc y N ɣ se utiliza la tabla 3,3 de factores de capacidad de carga para la teoría de meyerhof del libro de Braja Das:

Nq = 15,90

Nc = 29,24

N ɣ = 11,60

Q = 1,3 (2,25*29,24) + 1,57*15,90 + 0,4 (1,31*1,50*11,60)

Q = 119,64 Ton/m²

Luego el valor de Q se divide dentro de un factor de seguridad cuyo valor está entre 3 – 5, en este caso se tomará 3.

Qult = 39,88 Ton/m²

2.1.7.4.2. Cargas y momentos de diseño

Se consideran las cargas axiales que soporta la zapata, la cual es transmitida desde la columna, aparte de esta hay que considerar los momentos que genera el suelo sobre esta, la carga axial última se determina con base en la siguiente fórmula:

$$PU = Psup + Ppcsup * Fcu + At*CUtotal + Ppvigas * Fcu$$

Donde:

PU = carga axial última
Psup = carga axial que soporta la columna superior
Ppcsup = peso propio de la columna superior
At = área tributaria
Cutotal = carga última total
Ppviga = peso propio de vigas
Fcu = factor de carga última

PU = 35 015,16 + 1 036,80 + 31 138,71 + 3 964,95
PU = 71 155,62 kg

2.1.7.4.3. Diseño del área de la zapata

Para este diseño se utilizan las cargas y momento de servicio, para obtener las cargas de servicio (P´) se utiliza la siguiente fórmula:

$$P' = \frac{Pu}{Fcu}$$

Los momentos de servicio se obtienen con la siguiente fórmula:

$$\text{Mtx} = \frac{\text{Mux}}{\text{Fcu}} \; ; \; \text{Mty} = \frac{\text{Muy}}{\text{Fcu}}$$

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

$$\text{Az} = \frac{\text{Factor} * \text{P}'}{\text{Vs}}$$

Donde:

1 ≤ factor ≤ 2

Az = área de la zapata

Vs = valor de soporte del suelo

P´= cargas de servicio

2.1.7.4.4. Cálculo de la presión del suelo

La presión que ejerce el suelo se calcula por medio de la sumatoria de la carga de trabajo P´, el peso del suelo de desplante, el peso de la columna y el de la zapata.

$$P = P' + Ps + Pc + Pz$$

El peso del suelo (Ps) se obtiene de la siguiente expresión:

$$Ps = Az * desplante * \gamma s$$

Donde:

Az = área de la zapata

γs = peso específico del suelo

El peso propio de la columna (Pc):

Pc = sección de la columna * h * peso específico del concreto

Donde:

h = altura de la columna

Peso de la zapata (Pz):

Pz = Az *tz * peso específico del concreto

Donde:

Az = área de la zapata

Tz = espesor de la zapata

2.1.7.4.5. Chequeo de presión sobre el suelo

Las zapatas se ven afectadas por una carga axial y por flexión, por lo cual se analiza el diseño para ambos casos. Una vez el área de la zapata se calcula, la carga admisible y esta deben ser menores que el valor de soporte del suelo.

$$Q = \frac{P}{Az} \pm \frac{Mtx}{Sx} \pm \frac{Mty}{Sy}$$

Siendo el máximo y el mínimo los siguientes:

$$\text{Qmax} = \frac{\text{P}}{\text{Az}} + \frac{\text{Mtx}}{\text{Sx}} + \frac{\text{Mty}}{\text{Sy}} \leq \text{Vs}$$

$$\text{Qmin} = \frac{\text{P}}{\text{Az}} - \frac{\text{Mtx}}{\text{Sx}} - \frac{\text{Mty}}{\text{Sy}} > 0$$

En caso de que sea una zapata cuadrada:

$$\text{Sx} = \text{Sy} = \frac{\text{h}^3}{6}$$

Si Qmax > Vs, significa que se debe aumentar el área de la zapata para poder soportar las presiones.

Si Qmin > 0, significa que no existen presiones ocasionadas por tensión, esto es correcto, de lo contrario, significa que existen esfuerzos de tensión.

Cuando se cumplen ambas condiciones de Qmin > 0 y Qmax ≤ Vs, significa que el área de la zapata es la adecuada, por lo que se procede a encontrar la presión última de diseño (Qudis).

$$Qu_{dis} = F_{cu} * Q_{dis}$$

Donde:

Qudis = presión última de diseño

Fcu = factor de carga última

Qdis = valor comprendido entre Qprom y Qmax que se considera como carga uniforme, si se quiere ser más conservador se toma un valor Qdis = Qmax.

2.1.7.4.6. Diseño del espesor de la zapata

El espesor de la zapata es necesario que sea resistente a corte simple y flexionante, así como al punzonamiento causado por la columna y cargas actuantes.

- Chequeo por corte simple

Se parte de estimar un espesor (t) y un diámetro de acero de refuerzo:

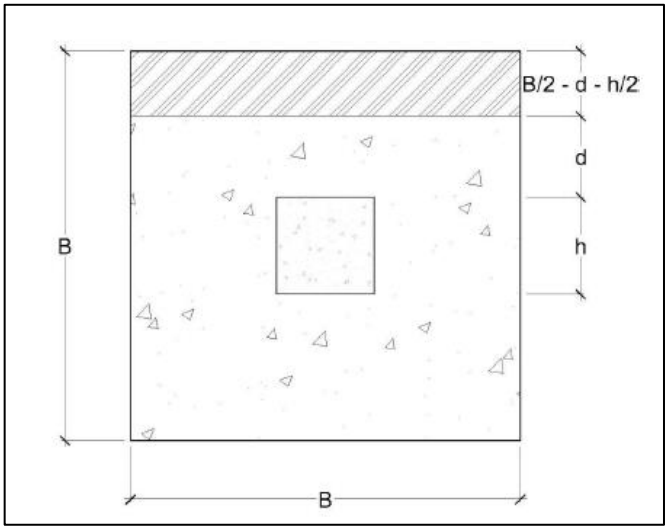
$$D = t - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset}{2}$$

Donde:
d = peralte
ø = diámetro de la varilla

El corte actuante (Vact) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Vact = \text{área ashurada} * Qudis$$

Figura 39. **Área sometida a corte**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

El corte resistente (Vr) se determina con la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Vr} = 0{,}85 * 0{,}53 * \sqrt{\mathrm{F´c}} * \mathrm{b} * \frac{\mathrm{d}}{1000}$$

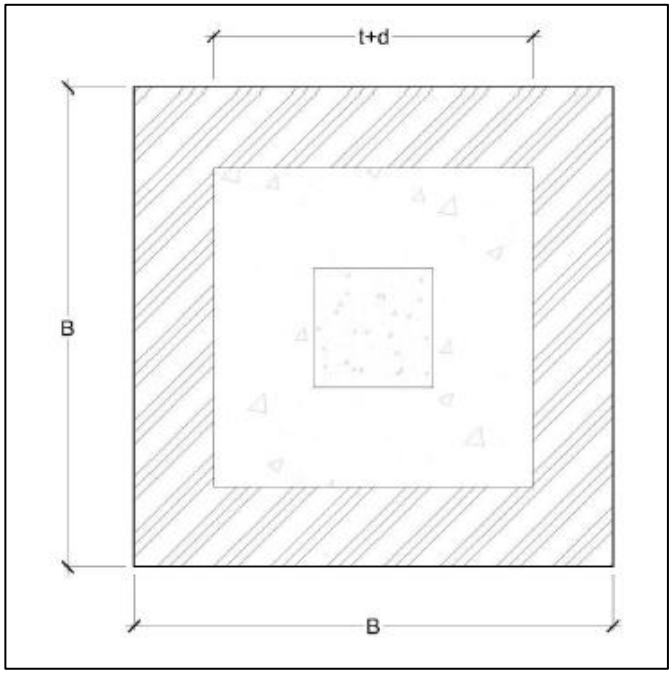
Si Vr > Vact, entonces el espesor de la zapata asumido es correcto, de lo contrario se debe aumentar hasta que esta condición se cumpla.

- Chequeo por corte punzonante

Al igual que en el corte simple, el corte punzonante debe analizarse con base en el corte punzonante actuante y resistente:

VPact = área ashurada * Qudis

Figura 40. **Área de corte punzonante**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Corte punzonante resistente (VPr):

$$\mathrm{Vr} = 0{,}85 * 1{,}06 * \sqrt{\mathrm{F´c}} * \mathrm{bo} * \frac{\mathrm{d}}{1\,000}$$

Donde:

Bo = perímetro de sección crítica sometido a punción = 4*(t+d).

Si VPAct > VPr, se debe aumentar el espesor de zapata, puesto que no resiste el punzonamiento.

2.1.7.4.7. Diseño de refuerzo por flexión

Se debe calcular el momento último actuante en cada sentido, para poder encontrar las áreas de refuerzo necesarias:

$$\mathrm{Mu} = \mathrm{Qudis} * \frac{\mathrm{I}^2}{2}$$

Donde:

I = distancia del rostro de la columna al extremo de la zapata.

El área de acero es necesaria para cubrir dicho momento, se utiliza la siguiente expresión para calcularla:

$$\mathrm{Asmin} = \frac{14{,}1}{\mathrm{fy}} * \mathrm{b} * \mathrm{d}$$

$$\mathrm{Asmin} = 0{,}85 * \frac{\mathrm{f´c}}{\mathrm{fy}} * (\mathrm{b} * \mathrm{d} - \sqrt{(\mathrm{b} * \mathrm{d})^2 - \frac{\mathrm{Mu} * \mathrm{b}}{0{,}003825 * \mathrm{fc}}}$$

Donde:

Asmin = área mínima de acero

Mu = momento último actuante

Fy = límite de fluencia del acero

F´c = resistencia del concreto

b = base (franja unitaria)

d = peralte efectivo de la zapata

Para las cargas de servicios p´ se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$P' = \frac{Pu}{Fcu} = \frac{71{,}16}{1{,}50} = 47{,}44\ \text{Ton}$$

De la misma manera se obtienen los momentos de servicio:

$$Mtx = \frac{Mux}{Fcu}\ ; Mty = \frac{Muy}{Fcu}$$

$$Mtx = \frac{1{,}39}{1{,}50} = 0{,}93\ \text{Ton.m}$$

$$Mty = \frac{3}{1{,}50} = 2\ \text{Ton.m}$$

Área de la zapata:

$$Az = \frac{Fcu * P'}{Vs}$$

Donde:

Az = área de la zapata

Vs = valor soporte del suelo

P´= carga de servicio

$$Az = \frac{1{,}50 * 47{,}44}{45} = 2\ \text{m}^2$$

Para el lado B de la zapata, hay que realizar iteraciones hasta que qmax < Vs y qmin > 0.

Para B = 1,50 m

$$Sx = Sy = \frac{1{,}50^3}{6} = 0{,}56$$

$$\text{Qmax} = \frac{53{,}46}{2} + \frac{0{,}93}{0{,}56} + \frac{2}{0{,}56} = 31{,}93\ \text{Ton/m}^2$$

$$\text{Qmin} = \frac{53{,}46}{2} - \frac{0{,}93}{0{,}56} - \frac{2}{0{,}56} = 21{,}53\ \text{Ton/m}^2$$

Se cumplen ambas condiciones Qmin > 0 y Qmax ≤ Vs (31,93 ≤ 45)

Qdis = 31,93 Ton/m²

Qudis = 1,50 * 31,93 = 47,90 Ton/m²

Chequeo por corte simple (se utiliza un t = 0,40 m)

$$\text{d} = 40 - 7{,}50 - \frac{1{,}91}{2} = 31{,}55\ \text{cm}$$

Vact = 0,43 * 47,90 = 20,44 Ton

$$\text{Vr} = 0{,}85 * 0{,}53 * \sqrt{281} * 150 * \frac{31{,}55}{1\,000} = 35{,}73\ \text{Ton}$$

Chequeo por corte punzonante:

Área ashurada = 2,25-0,51 = 1,74 m²

Vpact = 1,74 m² * 47,90 Ton/m² =83,26 Ton

$$\text{Vr} = 0{,}85 * 1{,}06 * \sqrt{281} * \text{bo} * \frac{31{,}55}{1\,000} = 35{,}73\ \text{Ton}$$

Bo = 4 *(40 + 31,55) = 286,18

$$\text{Vr} = 0{,}85 * 1{,}06 * \sqrt{281} * 286{,}18 * \frac{31{,}55}{1\,000} = 136{,}35 \text{ Ton}$$

Dado que el corte que resiste es mayor que el que actúa se concluye que el espesor asumido de la zapata es correcto, ya que resiste el corte punzonante.

Diseño del refuerzo por flexión:

$$\text{Mu} = 47{,}90 * \frac{60^2}{2} = 8\,621{,}94 \text{ kg/m}$$

Acero requerido:

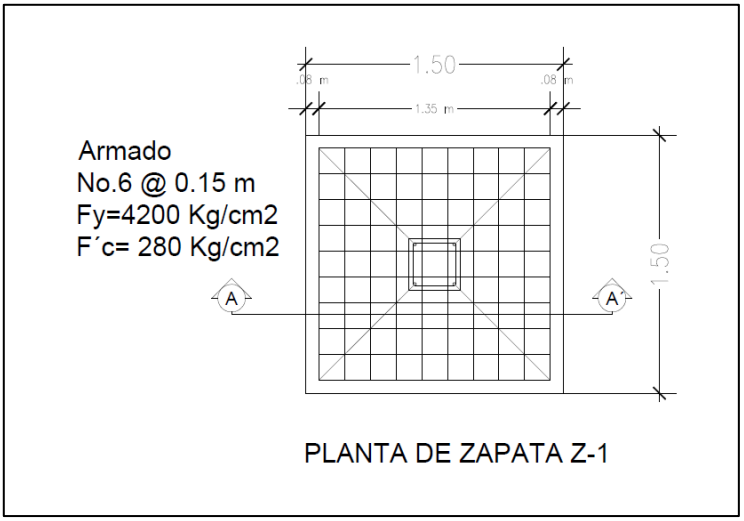
$$\text{As} = 0{,}85 * \frac{281}{4\,200} * (100 * 31{,}55 - \sqrt{(100 * 31{,}55)^2 - \frac{8\,601{,}94 * 100}{0{,}003825 * 281}} = 7{,}38 \text{ m}^2$$

Acero mínimo:

$$\text{As min} = \frac{14{,}1}{2\,810} * 100 * 31{,}55 = 10{,}82 \text{ cm}^2$$

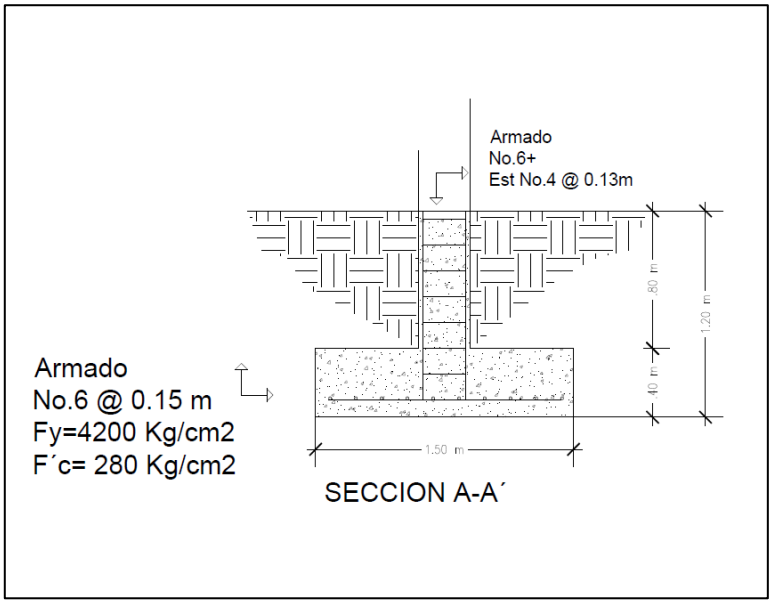
El acero de refuerzo a utilizar es el mínimo, por lo cual se usan varillas No. 6 a cada 0,15 metros.

Figura 41. **Detalle de armado de zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 42. **Detalle de armado de zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.8. Presupuesto

A continuación, en la tabla XL se detalla el presupuesto que se necesita para la ejecución del proyecto:

Tabla XL. **Presupuesto del edificio escolar**

Numero	Descripcion	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	LIMPIEZA Y TRAZO DEL TERRENO	1,00	GLOBAL	Q 56 795,00	Q 56 795,00
1,1	LIMPIEZA	3 000,00	M2	Q 15,78	Q 47 340,00
1,2	TRAZO Y ESTAQUEO	220,00	ml	Q 20,25	Q 4 455,00
1,3	BODEGA	1,00	unidad	Q 1 000,00	Q 1 000,00
1,4	TOPOGRAFIA	5,00	dias	Q 800,00	Q 4 000,00
2	EXCAVACION	3 700,00	M³	Q 80,00	Q 296 000,00
2,1	CORTE	3 700,00	M3	Q 65,00	Q 240 500,00
2,2	RELLENO	3 700,00	M3	Q 15,00	Q 55 500,00
3	ESTRUCTURA	1,00	GLOBAL	Q 4 111,10	Q 2 497 948,30
3,1	COLUMNA C-1	90,00	UNIDAD	Q 928,20	Q 83 537,86
3,2	COLUMNA C-2	132,00	UNIDAD	Q 764,58	Q 100 924,61
3,3	LEVANTADO DE MURO DE BLOCK	1 406,00	M²	Q 147,14	Q 206 882,45
3,4	SOLERA DE HUMEDA	470,50	ML	Q 946,82	Q 445 478,69
3,5	SOLERA INTERMEDIA	470,50	ML	Q 946,82	Q 445 478,81
3,6	SOLERA DE CORONA	470,50	ML	Q 946,82	Q 445 478,81
3,7	VIGAS V-1	535,10	ML	Q 617,03	Q 330 173,62
3,8	LOSA	911,10	M²	Q 482,93	Q 439 993,44
4	ACABADOS	1,00	GLOBAL	Q 342,21	Q 280 535,82
4,1	PISO DE CONCRETO ALISADO	780,78	M²	Q 201,08	Q 156 998,99
4,2	PISO CERAMICO	875,32	M²	Q 141,13	Q 123 536,83
5	PUERTAS	1,00	GLOBAL	Q 15 675,00	Q 15 675,00
5,1	PUERTAS +INSTALACION	1,00	GLOBAL	Q 15 675,00	Q 38 775,00
6	VENTANERIA	1,00	GLOBAL	Q 23 100,00	Q 23 100,00
6,1	VENTANAS + INSTALACION	1,00	GLOBAL	Q 23 100,00	Q 23 100,00
7	PLOMERIA	1,00	GLOBAL	Q 47 350,30	Q 47 350,30
7,1	AGUA POTABLE	1,00	GLOBAL	Q 4 097,30	Q 4 097,30
7,2	DRENAJE	1,00	GLOBAL	Q 43 253,00	Q 43 253,00
8	ELECTRICIDAD	1,00	GLOBAL	Q 54 428,10	Q 54 428,10
9	TRABAJOS FINALES	1,00	Global	Q 12 500,00	Q 12 500,00
9,1	Limpieza	1,00	GLOBAL	Q 12 500,00	Q 12 500,00
	TOTAL				**Q3 284 332,52**

Fuente: elaboración propia.

2.1.9. Cronograma

En la tabla XLI se detalla el tiempo que se empleará por cada actividad que se realizará:

Tabla XLI. **Cronograma de actividades**

Cronograma de actividades	Unidad	Cantidad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trazo y estaqueado	m²	4000																								
Excavacion	m³	3700																								
Zapatas	Unidad	88																								
Levantado de muro	m²	1406																								
Solera de humedad	ml	1082																								
Solera intermedia	ml	1082																								
Solera de corona	ml	1082																								
Columna C1	Unidad	90																								
Columna C2	Unidad	132																								
Losa tradicional	m²	911.1																								
Vigas	ml	535.1																								
Piso ceramico	m²	780.78																								
Repello cernido	m²	1406																								
Instalacion electrica de iluminacion	Global	1																								
Instalacion electrica de fuerza	Global	1																								
Puertas	Global	1																								
Ventanas	Global	1																								
Instalacion de agua potable y drenaje	Global	1																								

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Estudio socioeconómico

Un estudio es un documento que permite conocer el entorno económico, social, cultural y laboral. En dicho documento se brinda información, se realiza para obtener un parámetro que permita las decisiones correctas al momento de hacer una inversión económica.

2.1.10.1. VAN

Es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con una inversión.

El método del VAN es uno de los criterios económicos más amplios que se usan en la evaluación de proyectos para su inversión. Este consiste en comparar el flujo de efectivos futuros con la inversión inicial y si esta comparación es mayor que la inversión inicial se considera que el proyecto es recomendable y es aceptado.

El valor presente neto puede tener tres posibles respuestas:

- VPN < 0 indica que el proyecto no es rentable
- VPN = 0 indica que el proyecto no generará pérdidas ni ganancias
- VPN > indica que el proyecto es rentable

$$P = F\frac{1}{(1+i)^n - 1}$$

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

Donde:

P = valor presente

F = valor de pago futuro

A = valor de pago uniforme en un periodo determinado o valor de pago constante o renta de ingreso.

I = tasa de interés de cobro por la operación.

n = periodo de tiempo que se pretende dure la operación.

Para el cálculo del VAN se usa la siguiente expresión:

$$\mathrm{VAN} = \frac{\mathrm{V\ futuro}}{(1+\mathrm{r})^{\mathrm{n}}}$$

Donde:

VAN = valor actual neto

r = tasa de descuento

n = años

2.1.10.2. TIR

Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, es decir el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el valor actualizado neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

Dado que los beneficios son cero, se asume que este dará un valor negativo, lo que indica que este proyecto no es productivo, pero como se indica con anterioridad hay razones por las cuales hay que realizar este proyecto.

2.1.11. Diseño de instalaciones eléctricas

Un establecimiento educativo con óptimas características debe contar con iluminación artificial obligatoria, aunque debe de igual manera contar con iluminación natural.

2.1.11.1. Iluminación

El diseño se inicia definiendo la cantidad de luxes necesarias por ambiente, en este caso se tomará como ejemplo los salones de aulas, a continuación se muestran los datos necesarios según lo dicta el Mineduc en su *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales.*

Luxes = 200-400
Tipo de iluminación = directa
Tipo de luz = fluorecente
Dimensiones de aula = 6,15 m * 7,35 m

% de reflexión de cielos y paredes = 75-85 %
% de reflexión en piso = 15-30 %
Factor de mantenimiento = 0,70
Coeficiente de uso = 0,59

Con estos datos se procede a calcular la cantidad de tubos fluorescentes que serán necesarios para cubrir la demanda necesaria que en este caso será de 300 luxes, y para ello se utiliza la fórmula que se presenta a continuación:

$$\text{Lumenes} = \frac{\text{Luxes} * \text{Área}}{(\text{fm} * \text{c. u.})}$$

$$\text{Lumenes} = \frac{300 * 45{,}20}{(0{,}70 * 0{,}59.)} = 32834{,}75 \text{ Lúmenes}$$

Los tubos que se utilizarán en la escuela equivalen a 3 000 lúmenes.

Para el cálculo del número de lámparas necesarias se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Número de lámparas} = \frac{\text{Lúmenes necesarios}}{\text{Lúmenes de tubo}}$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{32834{,}75}{3000} = 10{,}94$$

El número necesario de tubos es de 11 para las aulas. A continuación se describe la cantidad de lámparas necesarias para cada uno de los diferentes ambientes de la escuela. Se usarán lámparas industriales de 3 tubos cada una y 40 watts de potencia.

Tabla XLII. **Resumen de cálculo de lúmenes necesarios**

Ambiente	Dimensiones		Área	C.U.	f.m.	Luxes	Lúmenes necesarios	No. Tubos	No. lámparas
Baño	5,55	6,15	34,13	0,59	0,7	150	12 396,79	4	2
Dirección	5,4	6,15	33,21	0,59	0,7	300	24 123,49	8	4
Aula	7,35	6,15	45,20	0,59	0,7	300	32 834,75	11	4
Cocina	5,55	5,65	31,35	0,59	0,7	200	15 185,23	5	2
Salón de Maestros	5,55	5,15	28,58	0,59	0,7	300	20 762,11	7	2
Bodega	3,55	6,15	21,83	0,59	0,7	150	7 929,45	3	1

Fuente: elaboración propia.

Para los circuitos de iluminación se usarán cables calibre número 12 y se emplearán 8 lámparas por circuito para no sobrepasar la capacidad del cable conductor y se usará flipón de 20 amperios para cada circuito de iluminación.

2.1.11.2. Fuerza

Los circuitos de fuerza son los utilizados para suministrar electricidad a los receptores de la instalación como lámparas, calefactores, entre otros. Normalmente estos circuitos son alimentados con tensiones muy bajas, monofásicas a 230 V o trifásicas a 400 V.

Para el cálculo del diseño de fuerza se toma en cuenta la cantidad de aparatos que estarán conectados por ambiente y sumar los watts de cada uno de ellos. Cada tomacorriente tendrá un consumo de 180 watts y se tiene un máximo de 10 tomacorrientes por circuito de 20 amperios.

Tabla XLIII. **Aparatos y corriente**

Equipo	Carga	Cantidad
Computadora	8	1
Cañonera	6	1
Equipo de sonido	6	1

Fuente: elaboración propia.

Carga = 8 + 6 + 6 = 20 A

Por lo tanto, el flipón de potencia para cada uno de los salones es de 30 amperios.

Tabla XLIV. **Cantidad de consumo por áreas**

Ambiente	No. Total de luminarios	Watts	Consumo (Watts)
Aulas	36	40	1440
Direccion	4	40	160
Sanitarios	24	40	960
Comedor	2	40	80
Cocina	2	40	80
Bodega	2	40	40
Pasillos	14	40	560
TOTAL			3320

Fuente: elaboración propia.

El flipón general se calcula tomando en cuenta el consumo real para determinar el amperaje máximo que entra al sistema y se hace con la siguiente expresión:

$$\frac{3320}{120} + (9 * 20) = 207 \text{ A}$$

Por lo que el flipón general será de 220 A.

2.1.12. Instalaciones hidráulicas

Todos los centros educativos deben contar con instalaciones hidráulicas y sanitarias adecuadas a su uso. Se debe incluir el diseño de las instalaciones de agua potable y de igual manera las redes de drenaje sanitario que darán servicio a todos los usuarios de las instalaciones.

2.1.12.1. Agua potable

Corresponde al conjunto de tuberías, accesorios, válvulas, equipos, griferías y aparatos sanitarios que conforman el sistema de suministro de agua potable dentro de una edificación, garantizando la protección de la salud, la seguridad y el bienestar.

Para el diseño de la red hidráulica de este proyecto se utilizó el método de Hunter, que establece que, para que un sistema trabaje de manera eficiente, contando con “n” artefactos se diseña para “m” de ellos funcionando el 1 % del tiempo. Este método considera aparatos sanitarios de uso intermitente y tiene en cuenta el hecho de que cuanto mayor es su número, la proporción del uso simultáneo de los aparatos disminuye.

Se debe calcular la demanda máxima, esta será el total de unidades Hunter en función del número y tipo de artefactos a utilizar y multiplicándose por su correspondiente unidad de Hunter. A continuación, se muestra una tabla con valores de unidades Hunter con sus respectivos artefactos:

Tabla XLV. **Unidades de gasto para el cálculo de tuberías de distribución de agua en los edificios**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua Fría	Agua caliente
Tina		2	1.50	1.50
Lavarropa		3	2	2
Bidet		1	0.75	0.75
Ducha		2	1.50	1.50
Inodoro	Con tanque	3	3	---
Inodoro	Con válvula semiautomática	6	6	---
Lavadero	Cocina	3	2	2
Lavadero	Repostero	3	2	2
Máq. Lavaplatos	Combinación	3	2	2
Lavatorio	Corriente	1	0.75	0.75
Lavadero de Ropa	Mecánico	4	3	3
Urinario	Con tanque	3	3	---
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	---
Baño Completo	Con tanque	6	5	2
Baño Completo	Con válvula semiautomática	8	6	2
Medio Baño	Con válvula semiautomática	6	6	0.75
Medio Baño	Con tanque	4	4	0.75

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.* p. 49.

Estimación de la demanda:

Urinarios 2 * 3 U.H. = 6 U.H.

Lavados 12 * 2 U.H. = 24 U.H.

Inodoros 24 * 5 U.H. = 120 U.H.

Total 150 U.H.

En la siguiente tabla se muestran los gastos probables para la aplicación del método de Hunter, están dados en L/s.

Tabla XLVI. **Gastos probables para el método de Hunter**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	**40**	0.91	1.74
4	0.16	---	**42**	0.95	1.78
5	0.23	0.91	**44**	1.00	1.82
6	0.25	0.94	**46**	1.03	1.84
7	0.28	0.97	**48**	1.09	1.92
8	0.29	1.00	**50**	1.13	1.97
9	0.32	1.03	**55**	1.19	2.04
10	0.34	1.06	**60**	1.25	2.11
12	0.38	1.12	**65**	1.31	2.17
14	0.42	1.17	**70**	1.36	2.23
16	0.46	1.22	**75**	1.41	2.29
18	0.50	1.27	**80**	1.45	2.35
20	0.54	1.33	**85**	1.50	2.40
22	0.58	1.37	**90**	1.56	2.45
24	0.61	1.42	**95**	1.62	2.50
26	0.67	1.45	**100**	1.67	2.55
28	0.71	1.51	**110**	1.75	2.60
30	0.75	1.55	**120**	1.83	2.72
32	0.79	1.59	**130**	1.91	2.80
34	0.82	1.63	**140**	1.98	2.85
36	0.85	1.67	**150**	2.06	2.95
38	0.88	1.70	**160**	2.14	3.04

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.* p. 50.

De la tabla se obtiene que la demanda máxima es de 2,06, se aplica un factor de corrección de 0,60 para el cálculo de la demanda máxima probable.

Demanda máxima probable = 0,6*2,06 = 1,26 l/s = $1,24x10^{-3}$

La velocidad en la red municipal fue brindada por parte de la municipalidad, tiene un valor de 1,85 m/s:

$$Q = V * A$$

$$A = Q/V$$

$$A = \frac{1{,}24x10^{-3}}{1{,}85} = 0{,}000668\ m^2$$

$$A = 1{,}04\ plg^2$$

Se utiliza tubería de 1 ¼" que tiene un área de 1,50 plg².

2.1.12.2. Instalaciones sanitarias

Las aguas negras deben ser evacuadas por medio de un conjunto de tuberías que deben cumplir con las condiciones que se describen a continuación.

- Evacuar de manera rápida.
- No se debe permitir el paso de malos olores al interior de ninguno de los ambientes.
- La tubería debe resistir la acción corrosiva del contenido que transporta por ellas.

Las instalaciones sanitarias se clasifican en tres tipos, los cuales dependen del tipo de construcción a la cual se brindará el servicio. A continuación se describen los tipos de clasificación:

- Primera clase: es de uso privado y se aplica para instalaciones en vivienda, cuartos de baño privado, hoteles o instalaciones similares, destinados a una familia o una persona.

- Segunda clase: es la llamada de uso semipúblico, corresponde a instalaciones en edificios de oficinas, fábricas o similares, donde los muebles son usados por un número limitado de personas que ocupan la edificación.

- Tercera clase: a esta clase corresponden las instalaciones de uso público, donde no existe límite en el número de personas ni en el uso, tal es el caso de los baños públicos, sitios de espectáculos y similares.

Tabla XLVII. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	-	-	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	-	4	4	-	2	2
Fregadero de viviendas	3	-	-	1 ¼	-	-
Fregadero de restaurante	-	8	8	-	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	-	1 ¼	1 ¼	-
Vertedero	-	8	8	4	4	-
Bebedero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de casa	2	-	-	1 ½	-	-
Lavaplatos comercial	-	4	-	-	-	2

Nota: el diámetro mínimo es el nominal en pulgadas.

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.* p. 71.

Para el diseño del sistema sanitario se deben sumar las unidades de descarga que se conectan al colector principal, en este caso son 150 U.H.

Las tuberías en el colector se deben calcular por medio del conocimiento del número de descargas a las que se estará brindando servicio, esta es la sumatoria de las unidades de descarga de todos los muebles sanitaros que van a desalojar la derivación:

Tabla XLVIII. **Diámetro de la derivación en colector**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	plg	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1 150	1 680
250	10	1 392	1 740	2 500	3 600
300	12	2 400	3 000	4 200	6 500
350	14	4 800	6 000	8 500	13 500

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.* p. 72.

Dado que el total de unidades de descarga es 150, se utilizará tubería de 5” con una pendiente del 1 %, ya que para diámetros mayores a 3” se debe utilizar esa pendiente.

2.1.12.3. Agua pluvial

Se procede a calcular el diámetro de la tubería de colección y evacuación, este es aquel sistema que se utiliza para recoger toda el agua proveniente de las precipitaciones pluviales que caen en los techos y así evacuar hacia el sistema adecuado.

En lugares de gran frecuencia de precipitación pluvial se debe contar con una red separada para poder evacuar toda el agua de lluvia y se debe diseñar el sistema en las edificaciones y se deben conectar a la red indicada.

Para el cálculo del diámetro de los conductos se usa la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C.I.A.}{360}$$

Donde

Q = caudal en m^3/s

C = relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área

I = intensidad de lluvia en mm/h

A = área a drenar en hectáreas

El valor C se puede tomar de las siguientes condiciones:

- Para superficies impermeables de techos = 0,75- 0,95
- Para pavimentos de asfalto = 0,85 a 0,90
- Para jardines, parques o prados = 0,05 a 0,25

Para el cálculo de la intensidad de diseño es necesario conocer la frecuencia (pueden ser 10 o 20 años), ya que tormentas demasiado intensas se presentan de manera muy escasa, pero las lluvias fuertes no usuales se presentan en ese intervalo de tiempo.

$$\mathrm{I} = \frac{5\,915{,}70}{\mathrm{t} + 35{,}8}$$

Donde

I = intensidad de lluvia promedio en la zona

t = tiempo de concentración en minutos

t = 5 minutos (datos brindando por la municipalidad)

$$\mathrm{I} = \frac{5\,915{,}70}{5 + 35{,}8}$$

I =144,99mm/h

Para el diámetro se utilizará la fórmula de Manning:

$$D = [\frac{691\,000 * Q * n}{S^{\frac{1}{2}}})^{3/8}$$

Donde

D = diámetro interior del tubo en cm

Q = caudal requerido en m^3/s

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente

Tabla XLIX. **Coeficiente de rugosidad n para las fórmulas de Manning en tuberías**

Material	n
PVC y polietileno de alta densidad	0,009
Asbesto cemento	0,010
Hierro fundido nuevo	0,013
Hierro fundido usado	0,017
Concreto liso	0,012
Concreto rugoso	0,016
Mampostería con mortero de cemento	0,020
Acero soldado con revestimiento interior a base de ep	0,011
Acero sin revestimiento	0,014
Acero galvanizado nuevo o usado	0,014

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.* p. 79.

Cálculo de caudal:

$$Q = \frac{C.\,I.\,A.}{360}$$

C = 0,95

A = 0,041074hectáreas

$$Q = \frac{0{,}95 * 37{,}73 * 0{,}041}{360}$$

Q = 1,44 l/s

Cálculo de diámetro:

$$D = [\frac{691\ 000 * 1{,}44 * 0{,}009}{0{,}001^{\frac{1}{2}}})^{3/8}$$

D = 5,49 cm = 2,16 plg

Se propone una tubería de 2 ½" de diámetro de PVC.

2.1.13. Evaluación de impacto ambiental inicial

Evaluación ambiental inicial en actividades de bajo impacto ambiental.

Tabla L. **Formulario para impacto ambiental del centro escolar**

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará. • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y **debe** ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información **debe** ser completada, utilizando letra de **molde legible** o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.	**No. Expediente:** **Clasificación del Listado Taxativo** **Firma y Sello de Recibido**

I. INFORMACION LEGAL

I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):

DISEÑO DE ESCUELA DE PARVULOS EN LA CABECERA MUNICIPAL, PALENCIA

1,1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.

Construcción de una escuela de nivel pre primario que cuenta con todos los requerimientos que exige el MINEDUC, contara con nueve aulas, dirección con su sala de espera, comedor, salón de maestros y bodega.

I.2. Información legal:

A) Persona Individual:

A.1. Representante Legal:

A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI):

_____Felix Fernando Monteagudo Revolorio 2396319350101_____

B) De la empresa:

Razón social:

_____

Nombre Comercial:____Municipalidad de Palencia

No. De Escritura Constitutiva: _____

Fecha de constitución: _____

Patente de Sociedad Registro No._____ Folio No. _____ Libro No. _____

Patente de Comercio Registro No._____ Folio No. _____ Libro No. _____

C) De la Propiedad:

No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____

de _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.

D) De la Empresa y/o persona individual:

Número de Identificación Tributaria (NIT): _____

Continuación de la tabla L.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN

I.3 Teléfono_____6644-6800_____ Correo electrónico: ____uip@munipalencia.gob.gt_____

I.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)

Canton pueblo nuevo, cabecera municipal, Palencia, Guatemala

Especificar Coordenadas Geográficas

14° 39´48´´ N 90° 21´42´´W

I.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)

Canton pueblo nuevo 0.-93 Palencia

I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico 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
• Actividades a realizar • Insumos necesarios • Maquinaria • Otros de relevancia	• Actividades o procesos • Materia prima e insumos • Maquinaria • Productos y Subproductos (bienes y servicios) • Horario de Trabajo • Otros de relevancia	• Acciones a tomar en caso de cierre

II.3 Área

a) Área total de terreno en metros cuadrados:_____2000 m²_____

b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados:_____1668,32_m²_____

Área total de construcción en metros cuadrados:_____1668,32_m²_____

Continuación de la tabla L.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN

II.4 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE__Parque municipal de Palencia_____ SUR_____Aldea Agua Tibia_____
ESTE _Aldea la Yerbabuena_____ OESTE___ Aldea los Mixcos_____

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
Parque municipal de Palencia	Norte	1000 m
Aldea los Mixcos	Oeste	1500 m
Aldea Agua Tibia	Sur	2000m
Aldea La Yerbabuena	Este	3000 m

II.5 Dirección del viento:
De norte a sur

II.6 En el área donde se ubica la actividad, ¿a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?

a) inundación ( ) b) explosión ( ) c) deslizamientos ( )

d) derrame de combustible ( ) e) fuga de combustible ( ) d) Incendio ( ) e) Otro (x)

Detalle la información
____El área donde se ubica el proyecto no está expuesta a ningún riesgo

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: Diurna (x) Nocturna ( ) Mixta ( ) Horas Extras_____

b) Número de empleados por jornada_____15_____ Total empleados_____15_____

II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO…

Continuación de la tabla L.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN

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**						
	Pozo	Si		Municipalidad			Tanque
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	**Otro**	No					
	Gasolina	No					
	Diesel	No					
	Bunker	No					
	Glp	No					
	Otro	No					
Lubricantes	**Solubles**	No					
	No solubles	No					
Refrigerantes		No					
Otros		No					

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

III. IMPACTO AL AIRE

GASES Y PARTICULAS

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

Las acciones del proyecto levantaran polvo del suelo ya que al momento de excavar se levantara polvo proveniente del suelo.

MITIGACION

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?

No hay vecinos cercanos, los trabajadores usan equipo para evitar inhalar el polvo.

Continuación de la tabla L.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES **III.3** ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? Si las operaciones producirán sonidos moderados. **III.4** En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) Se producirán por medio me maquinaria. **III.5** ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? No hay vecinos cercanos, el ruido no es tan fuerte o tan alto que moleste a los trabajadores	
OLORES **III.6** 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: No se producen olores **III.7** Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? Debido a que no se producen olores, no aplica.	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION 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? **a)** Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) **b)** Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) **c)** Mezcla de las anteriores **d)** Otro; Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado Otra ya que las únicas aguas negras que se generarán serán por actividades de servicios sanitarios portátiles. **IV.2** Indicar el número de servicios sanitarios 2 servicios de sanitarios portátiles.	

Continuación de la tabla L.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES **IV.3** Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales) **a)** sistema de tratamiento **b)** Capacidad **c)** Operación y mantenimiento x **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. Ninguno ya que el sistema a utilizar será baños portátiles y la empresa llegará 3 veces por semana a darle mantenimiento.	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES) **IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)** **No afecta**	
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SÓLIDOS **VOLUMEN DE DESECHOS** **V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:** ☐ **X a) Similar al de una residencia 11 libras/día** ☐ **b) Generación entre 11 a 222 libras/dia** ☐ **c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día** ☐ **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.):** **Basura común** **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 se generan** **V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado** **No se realizará ninguno** **V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado** **Ninguno** **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?** **Por el momento no se contempla** **V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)** **Basurero municipal**	

Continuación de la tabla L.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA	
CONSUMO **VI.1** Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) 10 KW/mes **VI. 2** Forma de suministro de energía **a)** Sistema público: sistema público que brinda la municipalidad **b)** Sistema privado **c)** generación propia **VI.3** Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI_____x_____ NO_____ **VI.4** Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? **Ninguno ya que el consumo de energía es muy bajo**	
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___Sembradillos_____ Especificar información se encuentran a rededor sembradillos de diferentes verduras. _____ **VII.2** La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No se requiere el cortar arboles **VII.3** ¿Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? **SI ( ) NO (x) Por qué?** **Porque no hay fauna y la vegetación existente solo son sembradillos.**	
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 5 **b)** Tipo de vehículo__Particular _____ **c)** sitio para estacionamiento y área que ocupa__aledaño al proyecto _25m²_____ **d)** Horario de circulación vehicular__Todo el dia _____ **e)** Vías alternas_____Ninguna_____	
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES **IX.1** En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Ladina	

Continuación de la tabla L.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES **IX.2** Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente: a) ☐ La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico_____x_____ b) ☐ La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico_____ c) ☐ La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico_____ Ampliar información de la respuesta seleccionada No hay ningún recurso natural o arqueológico cercano al proyecto	
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 (x) **IX.4** Qué tipo de molestias? Ninguna **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? ¿Explicar por qué? No ya que no obstruye ningún tipo de paisajes	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina: **a)** X la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio **b)** ☐ la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores **c)** ☐ 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 representa riesgo ya que el proyecto es una escuela.	
X.3 riesgos ocupacionales: ☐ Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores ☐ La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores ☐ La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores X No existen riesgos para los trabajadores Ampliar información: No se presenta riesgo alguno ya que las actividades a realizar en el proyecto no presentan ningún riesgo para los trabajadores.	
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 de protección, lentes de seguridad, arnes. **X.6** ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Brindarle equipo protector para evitar daños a los trabajadores y población no hay cercana al proyecto.	

Fuente: elaboración propia, empleando formulario del MARN.

2.2. Ampliacion de sistema de agua potable de caserío Joya Honda a caserío Sacabastal de aldea El Paraíso

A continuación, en los siguientes incisos, se describen los cálculos necesarios para la ampliación del sistema de agua potable.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en un sistema de abastecimiento de agua potable diseñado para los caseríos Joya Honda y El Sacabastal, el mismo está conformado por dos líneas de distribución, una línea de conducción y un tanque de almacenamiento.

La línea de conducción tiene una longitud de seiscientos cincuenta y cinco metros para llegar al tanque de almacenamiento y su volumen es de treinta metros cúbicos. La primera línea de distribución abarca el caserío El Sacabastal, tiene una longitud de un mil ochocientos cincuenta y nueve metros; y la segunda línea de distribución abarca el caserío Joya Honda y tiene una longitud de un mil ochocientos treinta y cinco metros.

La línea de distribución proviene desde el punto más alto, el cual se ubica en la aldea Marillanos, para que posteriormente llegue al tanque de almacenamiento ubicado en la aldea Joya Honda, esto con el objeto de que el agua que se transporta sea distribuida por las dos líneas de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable, una desde el caserío Joya Honda hacia la tubería municipal y la otra desde el caserío El Sacabastal hasta la tubería municipal, que se encuentra en la parte final del terreno.

La siguiente línea de conducción abarca desde el caserío El Sacabastal hacia la tubería municipal, la que se encuentra en la parte final del terreno con tubería PVC de distintos diámetros de 250 PSI si es necesario, de igual forma por válvulas de aire, válvulas de limpieza y válvulas de compuerta según sea el caso en el que se les requiera. Un tanque de almacenamiento se utilizará previamente construido o esperando a la decisión de las autoridades municipales si fuera necesaria la construcción de un nuevo tanque. Finalmente, la red de distribución está compuesta por tubería PVC de diferentes diámetros de 100 y 160 PSI, teniendo válvulas de paso en el ramal principal para facilitar el mantenimiento de la red.

2.2.1.1. Antecedentes

Actualmente el sistema de agua potable existente se encuentra conformado por diversas fuentes de abastecimiento, la principal consiste es un pozo ubicado en la aldea llamada Marillanos y diversos pozos más, sin embargo, debido al incremento de la población en dicha área el sistema actual no se da abasto para brinda el servicio de agua potable para ambos caseríos.

2.2.1.2. Localización del proyecto

El proyecto de la línea de conducción de agua potable se encuentra ubicado en los caseríos El Sacabastal y Joya Honda, los cuales pertenecen a la aldea El Paraíso del municipio de Palencia del departamento de Guatemala.

Figura 43. **Localización del proyecto**

Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

2.2.1.3. Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad

Un sistema de conducción por gravedad es aquel que permite que se transporte el agua desde el punto de captación de la fuente hasta el sitio donde será distribuida, sin bombeo mecanizado alguno.

2.2.2. Abastecimiento de agua potable

Es el sistema que permite llevar el agua potable hasta los domicilios de la población, este supone la captación de agua y su conducción hasta el punto en el que se consume en condiciones aptas. Para que el agua sea apta para el

consumo no solo tiene que cumplir requisitos de tipo sanitario, sino también requisitos relativos a la calidad.

2.2.2.1. Fuentes de abastecimiento

Existen dos tipos de fuentes de agua: superficiales y subterráneas. Las superficiales pueden ser lagos, ríos, lagunas y la captación de agua de lluvia, y las subterráneas se entienden como pozos y manantiales.

En este proyecto se usará agua de un pozo que está ubicado en una aldea vecina a los caseríos de interés llamada Marillanos, que es el nacimiento de agua que surte de agua potable a todas las aldeas del sector.

2.2.2.2. Funcionamiento del sistema actual

El sistema de agua potable existente funciona con un caudal de 10,07 L/s, fue diseñado hace cuarenta años por la municipalidad. Sin embargo, dicho sistema ya no es funcional debido a la cantidad de población con la que cuentan los caseríos anteriormente mencionados. Asimismo, se debe tomar en cuenta que la población con la que cuentan los caseríos seguirá incrementando, por lo que es necesario la creación de nuevas líneas de distribución.

2.2.2.3. Descripción de la ampliación

La ampliación consiste en dos líneas de conducción, cuya fuente es un pozo que se encuentra en la aldea Marillanos, la cual transporta el agua por una línea de conducción de 654,69 metros hacia un tanque de almacenamiento, posteriormente el agua llega a los dos caseríos el Sacabastal y Joya Honda por medio de líneas de conducción, para que de esta forma pueda ser distribuida

por medio de las líneas de distribución a las diferentes viviendas. El sistema se conecta en la parte más baja del terreno a la tubería municipal.

2.2.3. Calidad del agua

Para que el agua se considere como potable debe será sanitariamente segura y de buen gusto y para eso en Guatemala se cuenta con normas, las cuales se deben cumplir para llevar un buen control de la calidad del agua. Entre esas normas está la COGUANOR NGO 290001, que brinda todas las características físicas, químicas y bacteriológicas que se deben cumplir para que el agua sea considerada potable.

Estas características se llegan a determinar por exámenes de laboratorio entre los cuales está el análisis bacteriológico que dice qué tan contaminada está el agua, y el análisis fisicoquímico, que brinda las diferentes propiedades físicas y químicas como color, olor, sabor, PH, entre otras.

2.2.3.1. Análisis bacteriológico

Se debe realizar un examen bacteriológico para saber cuán contaminada se encuentra la fuente de agua, para que no sea agua contaminada la que se distribuya a la comunidad y con ayuda de los resultados de laboratorio establecer de manera correcta el proceso de desinfección del agua si fuera necesario.

2.2.3.2. Examen fisicoquímico

El examen fisicoquímico tiene la finalidad de brindar las características físicas y químicas de la muestra de agua, entre las cuales se pueden

mencionar: el color, el olor, el sabor, la cantidad de ph, dureza, entre otras. Además, determina si se encuentran substancias químicas dañinas, tanto para las personas como para la misma tubería, y con base en los resultados obtenidos por medio de los ensayos de laboratorio se puede determinar si el agua es apta o no para el consumo humano.

2.2.4. Levantamiento topográfico

Este consiste en un estudio técnico y descriptivo de la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también sus variaciones y alteraciones, con los instrumentos topográficos adecuados para ello, y tiene el objetivo de crear una correcta representación gráfica mejor conocida como planos del terreno, gracias a estos se puede ubicar de forma correcta cualquier obra existente. Para representar cualquier punto en un levantamiento topográfico es necesario brindarle a cada punto dos coordenadas, latitud y longitud, y además una elevación.

2.2.4.1. Planimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve. Se representa en una proyección horizontal.

2.2.4.2. Altimetría

Es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto

respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno (planos de curvas de nivel, perfiles, entre otros).

2.2.5. Cálculo de población

Son todas las personas que viven en un área geográfica particular, la población de un territorio se determina por procedimientos estadísticos y mediante censos de población.

2.2.5.1. Población actual y tasa de crecimiento

En este proyecto actualmente existen 100 viviendas, cada una cuenta con un promedio de 5 integrantes, un total de 500 habitantes con una tasa de crecimiento de 2,75 según datos encontrados en el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.).

2.2.5.2. Periodo de diseño

Es el tiempo que transcurre desde la iniciación del servicio del sistema, hasta que, por falta de capacidad o desuso, sobrepasa las condiciones establecidas en el proyecto.

Para redes de distribución es conveniente poner un periodo de diseño que varía entre 25 y 30 años y para poblaciones pequeñas muy necesitadas este periodo se puede considerar entre 15 a 20 años. Para el presente proyecto se asignará un periodo de diseño de 20 años.

2.2.5.3. Población futura

Existe diversidad de métodos para la estimación de poblaciones futuras, pero, en realidad, ninguno es 100 % preciso, pues en todo caso siempre existirá un grado de incertidumbre, que puede depender de una variedad de factores, como podría ser el clima y el nivel socioeconómico de la población, entre otros.

2.2.5.3.1. Método de crecimiento aritmético

Este método consiste en agregar a la población del último censo un número fijo de habitantes para cada periodo en el futuro.

En esencia este método de estimaciones de poblaciones futuras se corresponde con una línea recta, en que la pendiente se corresponde con la tasa de crecimiento aritmética del último periodo intercensal.

2.2.5.3.2. Método de crecimiento geométrico

En este método de estimación de poblaciones futuras se supone que la población crece a la misma tasa que para el último periodo censal, pero considerando que el crecimiento obedece a la siguiente expresión:

$$\text{Pob añon} = \text{Pob inicial x } (1 + \text{r})^{\text{Año final}-\text{año inicial}}$$

El cálculo de la población futura se hizo por medio del método geométrico, el cual utiliza la siguiente fórmula para el cálculo:

$$Pf = Po\ (r + 1)^n$$

Pf = población futura

Po = población inicial

r = tasa de crecimiento

n = periodo de diseño

Se tienen los siguientes datos:

Po = 500

R = 2,74

N = 20

$$P = 500 * (1 + 0{,}0274)^{20}$$

P = 858 habitantes

2.2.6. Criterios de diseño

Los caudales de diseño son los consumos considerados para el dimensionamiento de las tuberías y obras hidráulicas en cada componente de un abastecimiento de agua basados en la información básica, aforo y estudio poblacional.

2.2.6.1. Dotación de agua

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población. Comúnmente se expresa en litros por habitante por día (L/hab/día).

Hay diferentes factores que pueden afectar la determinación de la dotación: clima, abastecimiento privado, calidad y cantidad de agua, presiones, nivel de vida, servicios comunales o públicos, medición, actividades productivas, facilidad de drenaje. Por lo general comunidades pequeñas consumen una menor cantidad de agua en comparación a grandes ciudades, la dotación debe satisfacer las necesidades de consumo de la población con la finalidad de que esta desarrolle sus actividades de la mejor manera posible. La dotación para este proyecto será de 90 L/hab/día.

2.2.6.2. Factores de consumo y caudales

Son factores que se utilizan para establecer los caudales demandados para el cálculo del sistema en función de la población que en un futuro se verá beneficiada por el proyecto.

2.2.6.2.1. Factor de día máximo

Es un incremento porcentual, se puede utilizar cuando no hay datos de consumo máximo diario. UNEPAR-INFOM recomienda lo siguiente:

Tabla LI. **Factores de día máximo**

Tipo de población	FDM
Área rural	1,20 a 1,80
Área urbana	1,80 a 2,00
Área metropolitana	2,00 a 3,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.2.2. Factor de hora máxima

Es un incremento porcentual basado en la cantidad de la población que se esté estudiando. UNEPAR-INFOM, recomienda lo siguiente:

Tabla LII. **Factores de hora máxima**

Tipo de población	FHM
Área rural	1,80 a 2,00
Área Urbana	2,00 a 3,00
Área metropolitana	3,00 a 4,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Caudales de diseño

Los caudales de diseño son los consumos considerados para el dimensionamiento de las tuberías de obras hidráulicas en cada componente de un abastecimiento de agua con base en la información básica, aforo y estudio poblacional.

2.2.7.1. Caudal medio diario

Es el resultado de multiplicar la dotación por la población futura dividido por el número de segundos que contiene un día, tal como lo expresa la siguiente operación:

$$\mathrm{Qm} = \frac{(\mathrm{Dot} * \mathrm{Pf})}{86\,400}$$

Donde:

Qm = caudal medio diario

Dot = dotación en L/hab/día

Pf = población futura

$$\mathrm{Qm} = \frac{90 * 500}{86400}$$

Qm = 0,89 L/seg

2.2.7.2. Caudal máximo diario (QMD)

Es el producto del caudal medio diario por un factor máximo diario que va de 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores a 1000 habitantes y de 1,2 para mayores a 1 000 habitantes según la Norma INFOM - UNEPAR. El factor máximo diario aumenta el caudal medio diario en un 20 a 50 %, considerando el posible aumento del caudal, es decir su variación en un día promedio.

QMD = Qm * FMD

Donde:

QMD = caudal máximo diario en L/s

Qm = caudal medio diario en L/s

FMD = factor máximo diario

Por ser una población futura mayor a 1 000 habitantes se toma el factor de 1,2:

QMD = 0,89 l/s * 1,2

QMD = 1,07 L/s

2.2.7.3. Caudal máximo horario (QMH)

Se obtiene mediante la multiplicación del caudal medio diario por un factor que va de 2 a 3 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y de 2 para poblaciones mayores a 1 000 habitantes según la Norma INFOM-UNEPAR. El consumo de agua varía considerablemente dependiendo de la hora del día, el factor máximo horario considera estas variaciones que pueden suscitarse en el consumo de agua. Se utiliza la siguiente expresión:

$$QMH = Qm * FMH$$

Donde:
QMH = caudal medio horario en L/s
Qm = caudal medio diario en L/s
FMH = factor máximo horario

Por ser una población futura mayor a 1 000 habitantes se usará el factor 2:

QMH = 0,89 l/s * 2
QMH = 1,79 l/s

2.2.7.4. Caudal de vivienda

Se obtiene mediante la división del caudal máximo horario dentro de la cantidad de número de viviendas según las Norma INFOM-UNEPAR. El caudal de vivienda se utiliza para el diseño de la línea de distribución, se determina según la siguiente ecuación:

$$Qv = \frac{QmaxH}{No.viviendas}$$

2.2.7.5. Caudal instantáneo

Es un valor con base en la probabilidad de que todas las viviendas de un ramal hagan uso simultáneamente del sistema. Se determina según la siguiente ecuación:

$$\mathrm{Qi} = \mathrm{K}\sqrt{\mathrm{n} - 1}$$

Donde:

Qi = caudal instantáneo

K = coeficiente cuyo valor es de 0,15

N = número de viviendas al final del periodo

$$\mathrm{Qi} = 0{,}15 * \sqrt{100 - 1} = 1{,}49\ \mathrm{l/s}$$

2.2.7.6. Velocidades máximas y mínimas

La guía establecida por el INFOM-UNEPAR brinda los valores de velocidades máximas y mínimas para las líneas de conducción y distribución.

Para línea de conducción: Mínima = 0,40 m/s
Máxima = 3,00 m/s
Para línea de distribución: Mínima = 0,60 m/s
Máxima = 3,00 m/s

2.2.7.7. Presiones máximas y mínimas

Para las presiones máximas y mínimas de las líneas de distribución y conducción la guía del INFOM-UNEPAR establece los siguientes parámetros:

Mínima = 10 metros
Máxima = 40 metros

2.2.8. Diseño hidráulico

La realización del proyecto se hará según la guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales que brinda el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y también se usarán las normas de diseño para acueductos rurales de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR).

2.2.8.1. Tipos de tubería

Dentro de los tipos de tubería más utilizados en los proyectos de agua potable se encuentran los de PVC y el de hierro galvanizado.

La tubería PVC es una tubería rígida fuerte y resistente a los químicos, las siglas PVC significan cloruro de polivinilo y es un plástico blanco rígido que se usa en las líneas de deshechos sanitarios, tuberías de ventilación y trampas de desagüe para aplicaciones domésticas y comerciales.

La tubería de hierro galvanizado es prefabricada y bañada en zinc fundido, lo cual la protege de los elementos naturales, lo que significa que este proceso impide la oxidación y el envejecimiento rápido.

2.2.8.2. Componentes del sistema

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se encuentran conformados por cuatro componentes principales: la fuente, línea de conducción, tanque de almacenamiento y línea de distribución.

2.2.8.2.1. Captación

Para el proyecto se optó por el uso de una captación típica de bocatoma de fondo con un lecho de filtro de piedra, sello sanitario, caja de captación y válvulas de salida, muros de concreto ciclópeo, suelo y la tapadera de concreto reforzado, y estará protegida para evitar el paso de sólidos que puedan llegar a obstruir la tubería, tal cual se describe en las guías del UNEPAR – INFOM.

2.2.9. Diseño de la línea de conducción

En este caso en que el sistema será por gravedad, se refiere a la tubería que transporta el agua desde el punto de captación hasta el reservorio. Cuando la fuente es agua superficial, dentro de su longitud se ubica la planta de tratamiento. El diseño de la línea de conducción por gravedad deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Carga disponible o diferencia de altura entre la captación y el tanque de distribución.

- La capacidad deberá ser suficiente para transportar el caudal máximo diario de diseño.

- La selección de la clase y diámetro de la tubería a emplear deberá ajustarse a la máxima economía.

- La línea de conducción deberá dotarse de los accesorios y obras de arte necesarios para su correcto funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo específicas para la tubería, para su protección y mantenimiento.

- Tipo de tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.

Para el diseño de la línea de conducción se aplicó la fórmula de Hazen-Williams, la cual es:

$$\mathrm{Hf} = \frac{1\,743{,}811 * \mathrm{L} * \mathrm{Qmd}^{1{,}852}}{\mathrm{C}^{1{,}852} * \mathrm{D}^{4{,}87}}$$

Donde:

Hf = pérdida de carga por fricción (M).

Qmd = caudal máximo diario (L/s).

L = longitud de la tubería más un factor de longitud del 5 % por la topografía del terreno.

D = diámetro interno de la tubería (plg).

Por último, se calcula la velocidad, la cual debe cumplir con el parámetro de velocidad para PVC de 0,40 m/s ≤ V ≤ 3,00 m/s, según criterios de fabricantes y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\mathrm{V} = \frac{1{,}9774 * \mathrm{Qmd}}{\mathrm{D}^2}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

Qmd = caudal máximo diario (L/s)

D = diámetro de la tubería (plg)

Luego se procede a calcular la cota piezométrica y las presiones dinámicas y estáticas para el tramo:

$$Cp_{entrada} = Ct_{inicio}$$

$$Cp_{Salida} = Cp_{Entrada} - Hf_1$$

A manera de ejemplo, se diseñará el tramo del caserío El Sacabastal hasta el punto más bajo del terreno, en los anexos se presentará la memoria de cálculo de la distribución completa:

Cota más alta = 2 050

Cota baja = 1 845

Diferencia entre cotas 2 050 - 1 845 = 205 m

Longitud = 654,69 m

Total de tubos = 110

QMD = 1,34 L/s

Cálculo del diámetro teórico:

$$D = \left(\frac{1\,743{,}811 * L * Qmd^{1{,}852}}{C^{1{,}852} * hf}\right)^{\frac{1}{4{,}87}}$$

$$D = \left(\frac{1\,743{,}811 * 654{,}69 * 1{,}05 * 1{,}34^{1{,}852}}{150^{1{,}852} * 205}\right)^{\frac{1}{4{,}87}} = 1{,}02$$

Se opta por los diámetros comerciales de 1” y de 1 ½”.

Cálculo de la pérdida para cada diámetro propuesto:

$$\mathrm{Hf} = \frac{1743{,}811 * \mathrm{L} * \mathrm{Qmd}^{1{,}852}}{\mathrm{C}^{1{,}852} * \mathrm{D}^{4{,}87}}$$

$$\mathrm{Hf}\ 1{,}5 = \frac{1743{,}811 * 654{,}69 * 1{,}05 * 1{,}34^{1{,}852}}{150^{1{,}852} * 1{,}5^{4{,}87}} = 26{,}72\ m$$

$$\mathrm{Hf}\ 1{,}0 = \frac{1743{,}811 * 654{,}69 * 1{,}05 * 1{,}34^{1{,}852}}{150^{1{,}852} * 1{,}0^{4{,}87}} = 192{,}48\ m$$

Cálculo de la longitud para cada diámetro propuesto:

$$L\ 1{,}5" = \frac{654{,}69 * 1{,}05 * (205 - 192{,}48)}{192{,}48 - 26{,}72} = 51{,}94\ m$$

Longitud de tubería de 1” = 635,49

Cantidad de tubos de 1,5” = 9

Cantidad de tubos de 1” = 106

Cálculo de la pérdida real para el diámetro de 1 ½”

$$\mathrm{Hf}\ 1{,}5 = \frac{1\ 743{,}811 * 1199{,}37 * 6{,}04^{1{,}852}}{150^{1{,}852} * 2{,}655^{4{,}87}} = 24{,}70\ m$$

Cálculo de la velocidad:

$$\mathrm{V} = \frac{1{,}974 * \mathrm{Qmd}}{\mathrm{D}^2}$$

$$V = \frac{1{,}974 * 1{,}34}{1^2}$$

V = 2,65 m/s

Cálculo de la cota piezométrica:

Tubería 2 ½”
Inicial = 2 050
Hf 1 ½” = 24,70
CP = 2 050 - 24,70 = 2 010,76m.c.a.

Cálculo de la presión estática:
Inicial 0
Final = cota inicia – cota final
Pe = 2 050 - 2 010,76 = 39,24m.c.a.

2.2.10. Diseño de tanque de distribución

Es una estructura con dos funciones: almacenar la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de la población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución dando así un servicio eficiente. Su diseño y construcción son variados y van a depender de las condiciones del terreno, del material disponible en el área, de la mano de obra existente, entre otros. Pueden estar localizados antes o después de la planta de tratamiento, pero, independientemente de la fuente de agua utilizada, se recomienda aplicar una desinfección directa. Un tanque de distribución tiene los siguientes componentes:

- Depósito principal
- Caja de válvula de entrada y de salida
- Tapaderas de entrada
- Dispositivo de desagüe y rebalse
- Respiradero
- Circulación para protección de este
- Volumen del tanque de almacenamiento

El volumen de los tanques de distribución se calcula con base en la demanda de la comunidad. Cuando no se tienen los estudios de la demanda, se toma en cuenta los criterios que propone la UNEPAR en sistemas por gravedad, se adopta entre el 25 % al 40 % del consumo medio diario estimado de la población. Para el presente caso se tomará el 35 % del caudal medio.

Con la siguiente expresión se calcula el volumen ideal del tanque de almacenamiento:

$$\mathrm{V} = \frac{\% * \mathrm{Qm} * 86\,400}{1\,000\ \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{m}^3}}$$

Donde:

Vol = volumen del tanque

Qmd = caudal medio diario

$$\mathrm{V} = \frac{35\ \% * 0{,}894 * 86\,400}{1\,000\ \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{m}^3}} = 27{,}03\ \mathrm{m}^3$$

Tomando en cuenta que este valor corresponde a un periodo de vida útil de 22 años, se propone uno de 30 m³, será un tanque enterrado y su diseño se presenta a continuación:

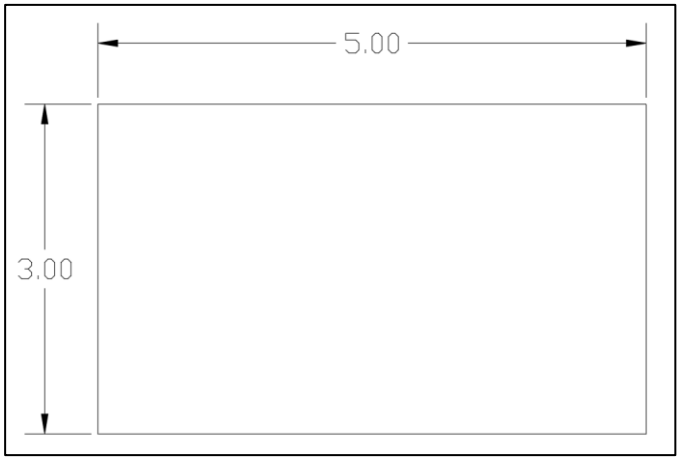
Altura: 2,00 metros
Largo: 5,00 metros
Ancho: 3,00 metros

- Diseño estructural del tanque de almacenamiento

  - Diseño de la losa

La cubierta será una losa de concreto reforzado, diseñada por el método 3 del ACI-318.

Figura 44. **Esquema de la losa del tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Cálculo del espesor de losa:

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

M = espesor de losa

A = lado corto

B = lado largo

$$m = \frac{2,10}{4,30} = 0,5 \text{ en dos sentidos}$$

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

$$t = \frac{2\ (\ 2,10 * 4,30)}{180} = 0,10$$

- Integración de cargas:

$$CM = Yc * t$$

Donde:

CM = carga muerta

Yc = peso específico del concreto

t = espesor de la losa

$$CM = 2\ 400 * 0,10 = 240\ kg/m^2$$

Sobrecarga:

Sobrecarga = 50 kg/m²

Total carga muerta = 290 kg/m²

Carga viva = 200 kg/m²

- Carga última:

$$CU = 1{,}7\ CV + 1{,}4\ CM$$

Donde:

CU = carga última

CV = carga viva

CM = carga muerta

$$CMU = 1{,}4 * 290\ kg/m^2 = 406\ kg/m^2$$

$$CVU = 1{,}7 * 200\ kg/m^2 = 340\ kg/m^2$$

$$CU = 1{,}7\ (200) + 1{,}4(290) = 746\ kg/m^2$$

- Losa 1:

$$Ma^+ = Ca^+\ CV + Ca^+\ CM * A^2$$

Donde:

Ma^+ = momento positivo en a

Ca = coeficiente de tablas para momentos

Va^2 = carga última viva en a

Ma^2 = carga última muerta en a

$$Ma^+ = [(0{,}058*406) + (0{,}086*340)] * 2{,}10^2 = 232{,}80\ kg\text{-}m$$

$$Mb^{+} = Cb^{+}\,Cv + Cb^{+}\,CM * b^{2}$$

Donde:

Mb^{+} = momento positivo en b

Cb = coeficiente de tablas para momentos en b

Vb^{2} = carga última viva en b

Mb^{2} = carga última muerta en b

$$Mb^{+} = [(0{,}004*406) + (0{,}006*340)] * 4{,}30^{2} = 67{,}75 \text{ kg-m}$$

$$Ma^{-} = Ca * CU * A^{2}$$

Donde:

Ma^{-} = momento negativo en a

$$Ma^{-} = (0{,}096 * 746) * 2{,}10^{2} = 315{,}00 \text{ kg-m}$$

- Refuerzo de la losa:

$$\mathrm{d} = \mathrm{t} - \mathrm{rec} - \frac{\emptyset}{2}$$

Donde:

D = peralte

T = espesor de losa

Rec = recubrimiento

$$d = 10 - 2{,}5 - \frac{0{,}95}{2} = 7{,}025\ cm$$

- Área de acero mínima:

$$As\,\min = \frac{14{,}1}{fy} * 100 * d$$

Donde:

Asmin = área de acero mínima

d = peralte

fy = esfuerzo del acero

$$\text{Asmin} = \frac{14{,}1}{2\,810} * 100 * 7{,}025 = 3{,}525\ \text{m}^2$$

3,525----------100

0,71----------S

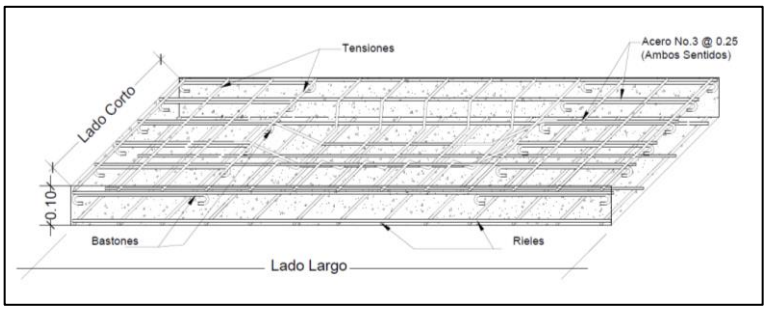
S = 20,14 = 20 cm

$$MAsmin = 0{,}9\left[As * fy * \left(d - \frac{Asmin\,(fy)}{1{,}7(f'c)(b)}\right)\right]$$

$$MAsmin = 0{,}9\left[3{,}525 * 2\,810 * \left(7{,}025 - \frac{3{,}525\,(2\,810)}{1{,}7(210)(100)}\right)\right] = 601{,}53\ kg - m$$

Siendo MAsmin el mayor de los momentos actuantes se colocará As min Ø # 3 @ 0,25 m en ambos sentidos.

Figura 45. **Detalle de armado de losa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Cálculo de viga perimetral

Carga uniforme distribuida que ejerce el peso propio de la viga sobre el muro.

$$Wv = \gamma_{concreto} * b_{viga} * h_{viga}$$

Donde

Wv = peso viga

$\gamma_{concreto}$ = peso específico concreto = 2 400 kg/m³

B = base de viga = 0,25 m

H = altura de viga = 0,45 m

Wv = 2400 * 0,25 *0,45 = 270 kg/m

- Carga uniforme distribuida sobre el lado mayor:

$$\mathrm{Wb} = \mathrm{Cu} * \left[\frac{\mathrm{a}}{3} * \frac{3 - \mathrm{m}^2}{2}\right]$$

Donde

Cu = carga última

a = lado corto del tanque

m = relación de lado corto lado largo

$$\mathrm{Wb} = 746 * \left[\frac{3}{3} * \frac{3 - 0{,}60^2}{2}\right]$$

Wb = 984,72 kg/m

- Carga uniformemente distribuida total:

$$\mathrm{Wt} = (2 * \mathrm{Wb}) + \mathrm{Wv}$$

Donde:

Wb = carga uniforme sobre el lado mayor

Wv = carga que ejerce la viga sobre el muro

$$\mathrm{Wt} = (2 * 984{,}72) + 270$$

Wt = 2 239,44 kg/m

- Momento negativo de la viga:

$$\mathrm{Mv}(-) = \frac{\mathrm{Wt} * \mathrm{L}^2}{24}$$

Donde

Wt = carga uniformemente distribuida total

L = lado mayor de tanque = 5

$$\mathrm{Mv}(-) = \frac{2\,239{,}44 * 5^2}{24}$$

Mv (-) = 2 332,75 kg-m

- Momento positivo de la viga:

$$\mathrm{Mv}(-) = \frac{\mathrm{Wt} * \mathrm{L}^2}{12}$$

Donde:

Wt = carga uniformemente distribuida total

L = lado mayor de tanque = 5

$$\mathrm{Mv}(+) = \frac{2\,239{,}44 * 5^2}{12}$$

Mv (+) = 4 665,50 kg-m

- Peralte efectivo de la viga:

$$d = 6 * L$$

Donde:

L = lado mayor

$$d = 6 * 5 = 30\text{cm}$$

- Base de la viga:

$$b = 0{,}60 * d$$

Donde:

d = peralte efectivo

$$b = 0{,}60 * 30 = 18 \text{ cm}$$

- Acero mínimo de la viga:

$$Asmin = 0{,}005 * b * d$$

Donde:

b = base de la viga

d = peralte efectivo

$$Asmin = 0{,}005 * 30 * 18 = 2{,}70 \text{ cm}^2$$

El acero mínimo está conformado por dos o más varillas que representen un valor igual o mayor que el calculado, en este caso serán 2 varillas No.5 = 3,96 cm².

- Acero máximo de la viga:

$$As\ max = 50\ \% * \frac{0{,}003}{0{,}003 + \frac{Fy}{Ey}} * 0{,}85^2 * \frac{F´c}{Fy} * b$$

Donde:

Fy = resistencia del acero

Ey = módulo de elasticidad

F´c = resistencia del concreto

B = base de la viga

d = peralte efectivo

$$As\max = 50\ \% * \frac{0{,}003}{0{,}003 + \frac{2\ 810}{2{,}1\text{x}106}} * 0{,}85^2 * \frac{281}{2\ 810} * 18 * 30$$

Asmax = 13,49 m²

- Momento resistente para el acero mínimo (Mo):

$$Mo = \ \emptyset * As * Fy * \left[d - \frac{As * Fy}{1{,}7 * F'c}\right]$$

Donde

Fy = resistencia del acero

Ey = módulo de elasticidad

As = área de acero

$$Mo = \ 0{,}9 * 3{,}96 * 2\ 810 * \left[30 - \frac{3{,}96 * 2\ 810}{1{,}7 * 281}\right]$$

Mo = 2 911,14 kg-m

Dado que el momento de acero mínimo es superior al momento negativo se utilizará el acero mínimo 2 de varillas No.5.

- Acero necesario para resistir el momento positivo As (+):

$$\text{As}\ (+) = \left[\text{bd} - \sqrt{(\text{bd})^2 - \frac{\text{Mub}}{0{,}3525\text{F}'\text{c}}}\right] * \frac{0{,}85\ \text{F}'\text{c}}{\text{Fy}}$$

Donde:

Fy = resistencia del acero

Ey = módulo de elasticidad

B = base

D = peralte efectivo

Mu = momento último

$$As\ (+) = \left[25 * 40 - \sqrt{(25 * 40)^2 - \frac{466\ 550 * 25}{0{,}3525 * 281}}\right] * \frac{0{,}85 * 281}{2\ 810} = 5{,}16\ \text{cm}^2$$

El acero positivo será constituido por medio de 4 varillas No.4 = 5,16 cm².

- Acero corrido mínimo para la cama superior:

Será el mayor entre los siguientes valores:

2 varillas No. 5 = 3,96

33 % del As (-) = 1,31

Se tomará el de 3,96 m²

- Acero corrido mínimo para la cama inferior:

Será el mayor entre los siguientes valores:

2 varillas No. 5 = 3,96

50% del As (-) = 1,98

50% del As (-) = 2,58

Se tomará el de 3,96 m²

- Fuerza última de resistencia a corte de una sección

$$Vcu = 0{,}85 * 0{,}53 * \sqrt{F´c} * b * d$$

Donde:

B = base

D = peralte efectivo

F´c = resistencia del concreto

$$Vcu = 0{,}85 * 0{,}53 * \sqrt{281} * 25 * 40$$

Vcu = 7 551,76 kg

- Fuerza de corte actuante:

$$Va = \frac{Wt * L}{2}$$

Donde:

Wt = carga total

L = lado largo

$$Va = \frac{2\,239{,}44 * 5}{2} = 11\,197{,}20\ kg$$

La fuerza de corte actuante es mayor a la fuerza última que resiste la sección, por lo tanto se refuerza a corte.

- Fuerza cortante:

Vs = Va – Vcu

Vs = 11194,20-7551,76 = 3645,44 kg

- Espaciamiento de estribos:

$$S = 0{,}85 * 2Av\ Fy * \frac{d}{Vs}$$

Donde:

Av = área de la varilla

Fy = resistencia del acero

d = peralte efectivo

Vs = fuerza cortante

$$S = \ 0{,}85 * 2 * 0{,}71 * \ 2810 * \frac{40}{3645{,}44} = 37{,}22 \text{ cm}$$

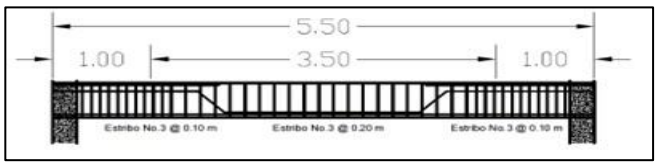
- Espaciamiento máximo:

d/2 = 40/2 = 20 cm

S = 37,22

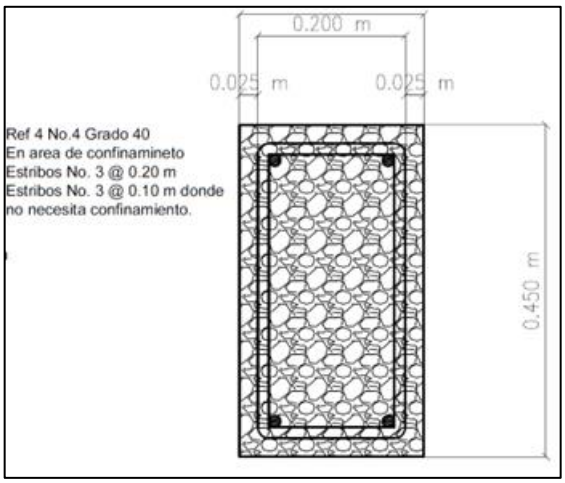
El refuerzo a corte estará conformado por estribos de varilla No. 3 a cada 20 cm y en zona de confinamiento a cada 10 cm.

Figura 46. **Sección de viga del tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 47. **Armado de viga del tanque**



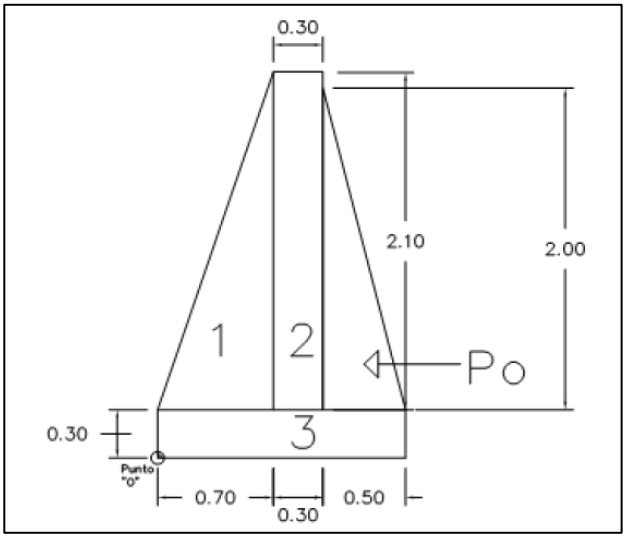
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Diseño de tanque de almacenamiento:

Para el diseño estructural del muro se utilizarán los siguientes datos:

Peso concreto ciclópeo = 2 700 kg/m³
Peso concreto armado = 2 400 kg/m³
Peso suelo = 1 640 kg/m
Angulo de friccion = 26,91
Capacidad de soporte = 39 880,00 kg/m³

Figura 48. **Geometría de muro de contención**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Tabla LIII. **Momento estabilizante de muro**

Figura	Área (m2)	Peso Vol. (Kg/m3)	Peso WR (Kg)	Brazo respecto "O"	Momento MR (Kg-m)
1	0,74	2 700,00	1 998,00	0,47	939,00
2	0,63	2 700,00	1 701,00	0,85	1 446,00
3	0,45	2 700,00	1 215,00	0,75	1 312,00
			4 914,00		3 697,00

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Carga de losa y viga hacia el muro:

$$W\ (L+V) = (\gamma concreto * t * B) + (\gamma concreto * a * b)$$

Donde

ɣconcreto = peso específico del concreto

t = espesor de la losa

B = lado largo de la losa

A = base de viga

b = altura de la viga

W (L+V) = (2 400 * 0,10 * 5) + (2 400 * 0,25 * 0,45) = 1 470 kg/m

- Cálculo de momento ejercido por la losa y la viga:

Mc = Wc * 0,95

Donde

Wc = carga de losa y viga hacia el muro

Mc = 1 470 * 0,95

Mc = 1 396,50 kg-m

- Fuerza activa Fa (ejercida por el agua):

$$Fa = \rho * \frac{h^2}{2}$$

P = densidad el agua

H = altura del tanque

$$\mathrm{Fa} = 1\,000 * \frac{2^2}{2}$$

$$Fa = 2\ 000\ kg$$

- Momento de volteo respecto de fuerza activa:

$$Mv = \frac{1}{3} * Fa * h$$

Donde:

Fa: fuerza ejercida por el agua

h = altura del tanque

$$Mv = \frac{1}{3} * 2\ 000 * 2$$

$$Mv = 1\ 333{,}33\ Kg\text{-}m$$

- Verificación de estabilidad contra volteo:

$$FSV = \frac{Mt + Mc}{Mv}$$

Donde:

Mt = momento total

Mc = momento ejercido por losa y viga

Mv = volteo por fuerza activa

$$FSV = \frac{3\ 296{,}160 + 1\ 396{,}50}{1\ 333{,}33}$$

$$FSV = 3{,}519 > 1{,}5$$

Una condición que la estabilidad contra el volteo debe cumplir es que FSV>1,5.

- Verificación contra el deslizamiento:

$$Fd = Wt * Øfricción$$

Para calcular Wt:

Wt = carga de losa y viga + peso total

WT = 1 470 + 4 914 = 6 384 kg

Ø = 26,19

$$Fd = 6\ 384 * 26,91$$

$$Fd = 3\ 255,84\ Kg$$

$$Fsd = \frac{Fd}{Fa}$$

Donde:

Fd = fuerza de deslizamiento

Fa = fuerza de agua

$$Fsd = \frac{3255,84}{2\ 000} = 1,628$$

Al igual que la estabilidad contra el volteo, la estabilidad contra el deslizamiento debe cumplir con la misma condición, la cual es que Fsd >1,5.

- Verificación de la presión máxima bajo la base del muro:

$$a = \frac{MR + Mc + Mv}{Wt}$$

Donde:

MR = momento total

Mc = momento ejercido por losa y viga

Mv = momento de volteo

Wt = peso total

$$a = \frac{3\,296{,}16 + 1\,396{,}50 + 1\,333{,}33}{6\,384}$$

$$a = 0{,}944$$

$$ex = \frac{base}{2} - a$$

Donde:

Base= 1,50

A = presión máxima bajo la base del muro

$$ex = \frac{1{,}5}{2} - 0{,}944$$

$$ex = 0{,}556$$

- Cálculo de módulo de sección:

$$\mathrm{Sx} = \frac{\mathrm{base}^2 * \mathrm{long}}{6}$$

$$\mathrm{Sx} = \frac{2{,}25^2 * 1}{6}$$

$$\mathrm{Sx} = 0{,}84\ \mathrm{m}^3$$

$$\mathrm{P\ (max)} = \frac{\mathrm{WT}}{\mathrm{A}} + \frac{\mathrm{Wt} * \mathrm{ex}}{\mathrm{Sx}}$$

$$\mathrm{P\ (max)} = \frac{6\,384}{0{,}944} + \frac{6\,384 * 0{,}556}{0{,}84}$$

$$\mathrm{Pmax} = 10\,970{,}69\ \mathrm{Kg/m}^2$$

$$\mathrm{P\ (min)} = \frac{\mathrm{WT}}{\mathrm{A}} - \frac{\mathrm{Wt} * \mathrm{ex}}{\mathrm{Sx}}$$

$$\mathrm{P\ (min)} = \frac{6\,384}{0{,}94} - \frac{6\,384 * 0{,}556}{0{,}84}$$

$$\mathrm{Pmin} = 255{,}861$$

Las presiones máximas bajo la base del muro deben cumplir con ciertas condiciones, para la presión máxima es la siguiente: Pmax < Vs y para la presión minima Pmin > 0.

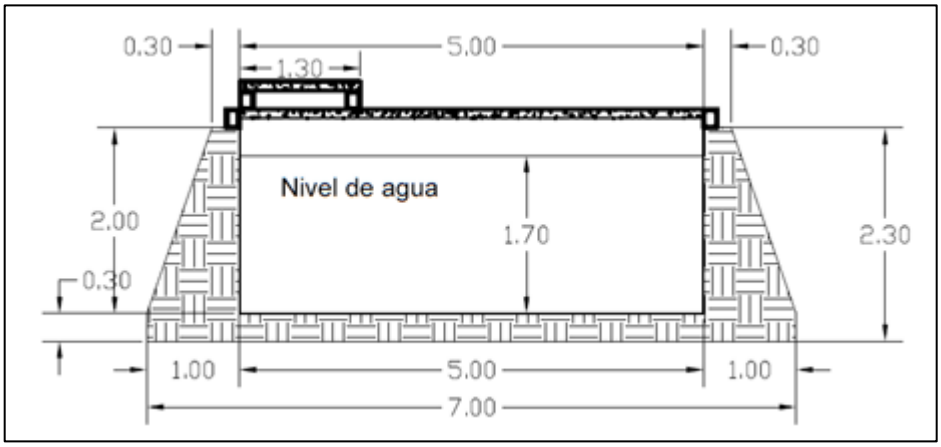
$$\mathrm{Pmax} = 10\,970{,}691 < 39\,880$$

Sí cumple con la condición

Pmin = 2 555,86 > 0

Se cumple con la condición

Figura 49. **Sección del tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.2.11. Diseño del sistema de desinfección

Es la extracción o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos.

De todos los métodos que hay para desinfectar el agua la cloración es el método más común. Es un medio sencillo y eficaz para desinfectar el agua y hacerla potable. Consiste en introducir productos clorados en el agua para matar los microorganismos en ella contenidos. Tras un tiempo de actuación, el

agua pasa a ser potable y gracias al efecto remanente del cloro continúa siéndolo durante horas o días.

- Tratamiento y desinfección de agua por medio de cloro líquido:

    - Eliminación de la turbiedad del agua:
        - Si el agua está muy turbia hay que pasarla por un filtro casero.
        - Si no está disponible un litro casero, entonces deberá utilizarse un colador, elaborado con un paño de tela fina.
        - Si no hay disponible una tela fina como la descrita, entonces debe dejarse sedimentar el agua y luego trasladarla a otro recipiente limpio.
    - Desinfección del agua
        - Una vez el agua esté clara y en un recipiente limpio, entonces debe agregarse cloro líquido en la cantidad adecuada.
        - Luego de agregar la cantidad de cloro adecuada hay que dejar que estas se mezclen por completo.
        - Después, hay que dejar reposar el agua por 30 minutos, para que el cloro elimine las bacterias presentes.

Para este proyecto se utilizará un alimentador automático de tricloro, que es un recipiente en forma de termo que alberga dichas tabletas, las cuales se disolverán mediante el paso del agua por el mismo. Dichos alimentadores vienen en diferentes capacidades de almacenamiento de tabletas, lo cual depende del caudal requerido para el proyecto. Se optó por utilizar las tabletas a través del alimentador automático, dado que es el más económico en cuanto

a operación y mantenimiento. Determinar la cantidad de tabletas para clorar el caudal de agua del presente proyecto se hará de la siguiente forma:

$$G = \frac{C * M * D}{\%C}$$

Donde:

C = miligramos por litros deseados (0,001 gr)

M = litros de agua a tratarse por día = Qm * 86400

D = número de días que durará (30 dias)

%c = concentración de cloro (0,90)

G = 2 653,2 g

Esto significa que se necesitan 2653,2 gramos de tricloro, el equivalente a 2 653,2g/200g, es decir 14 tabletas al mes para el tanque.

2.2.12. Diseño de la red de distribución

Es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidratantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial e industrial. Para el diseño de la red deben considerarse los siguientes criterios.

- Se debe garantizar un funcionamiento correcto durante el periodo de diseño basándose con el máximo consumo diario.

- La distribución de los caudales debe basarse en criterios del diseñador basándose en el consumo real del área.

- Se deben realizar las obras de arte necesarias y utilizar la cantidad de accesorios correcta, para así garantizar un funcionamiento correcto del sistema.

- Tomar en cuenta la carga disponible o la diferencia de presiones.

- Considerar el tipo de tubería a utilizarse.

- Considerar el diámetro mínimo para la economía del proyecto.

2.2.12.1. Tipos de redes

En el diseño de la línea de distribución existen diversos tipos de red, dentro de estos se encuentran los denominados: red abierta, red cerrada y red combinada. La red abierta consiste en una tubería principal o arteria principal de la que se derivan arterias secundarias, de las que a su vez parten otras de tercero o cuarto orden cada vez menores y en forma análoga a los nervios de una hoja. El sistema cerrado o reticulado consiste en que el agua circula por tuberías que están interconectadas en forma de malla, generando un sistema cerrado, eficiente en presión y caudal, en el que no hay puntos muertos y los tramos se abastecen por ambos extremos logrando menores pérdidas de carga.

2.2.12.2. Propuesta de red

Para el diseño de la red de distribución se aplicó el método de redes abiertas debido a que las viviendas no se encuentra juntas, ni en un área

específica, sino que se encuentran dispersas en el terreno. Se mostrará a continuación el cálculo del tramo del caserío El Sacabastal y en anexos se presentará la memoria de cálculo de la distribución completa.

- Diseño del ramal de caserío El Sacabastal:

Cota alta = 1 758
Cota baja = 1 638
Diferencia = 1 758 – 1 638 = 120

Longitud = 1 086,92
Total de tubos = 182

- Cálculo de caudal

Se debe calcular el caudal de vivienda, luego el caudal requerido y el instantáneo y se usa el mayor para el caudal de diseño.

- Caudal de vivienda:

$$Qv = \frac{QmaxH}{No.viviendas}$$

$$Qv = \frac{10{,}07}{565} = 0{,}02$$

Cálculo del diámetro teórico:

$$D = \left(\frac{1\,743{,}811 * L * Qmd^{1{,}85}}{C^{1{,}85} * Hf}\right)^{\frac{1}{4{,}87}}$$

Donde:

Hf = pérdida de carga por fricción

Qmd = caudal máximo diario

L = longitud de la tubería más un factor de longitud del 5 %

D = diámetro interno de la tubería

C = coeficiente de capacidad hidráulica, se usará C = 150 para tubería de PVC

$$D = (\frac{1\,743{,}811 * 1\,086{,}92 * 1{,}05 * \ 10{,}07^{1{,}85}}{150^{1{,}85} * 120})^{\frac{1}{4{,}87}}$$

D = 2,64"

Tomando en cuenta Ø 2 ½" y Ø 3"

Cálculo de la pérdida real:

$$Hf = \frac{1\,743{,}811 * L * \ Qmd^{1{,}852}}{C^{1{,}852*} D^{4{,}87}}$$

$$Hf\ 2{,}5" = \frac{1\,743{,}811 * 1\,086{,}92 * 1{,}05 * \ 10{,}07^{1{,}852}}{150^{1{,}852*} 2{,}5^{4{,}87}} = 155{,}23$$

$$Hf\ 3" = \frac{1743{,}811 * 1086{,}92 * 1{,}05 * \ 10{,}07^{1{,}852}}{150^{1{,}852*} 3^{4{,}87}} = 63{,}88$$

Se elige la tubería de 3" por ser la que menor pérdida presenta y eso hace que se mantenga una presión adecuada en la línea de distribución.

- Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{1{,}974 * Qmd}{D^2}$$

$$V = \frac{1{,}974 * 10{,}07}{3^2} = 2{,}18 \frac{m}{s}$$

Cumple con los parámetros de velocidad establecidos en la norma de diseño 0,40 m/s ≤ V ≤ 3 m/s.

- Cálculo de cota piezométrica

Inicial = 1 758
Final = inicial – Hf
Final = 1 758 – 63,88 = 1 694,12 m.c.a.

- Cálculo de la presión estática

Inicial = 0
Final = CP – cota de terreno
Final = 1 694,12 – 1 638 = 56,12 m.c.a.

En consideración a la menor altura de las viviendas en medios rurales, las presiones tendrán los siguientes valores en la red de distribución: mínima de 10 metros y máxima de 60 metros.

2.2.13. Diseño de obras hidráulicas

- Válvulas de limpieza:

Estas válvulas sirven para extraer los sedimentos que pueden llegar a depositarse en las partes bajas de las tuberías. Esto es un tema importante, pues los sedimentos pueden llegar a obstruir la tubería con el pasar del tiempo, por esto hay que abrir las válvulas de manera periódica. Se colocan estas válvulas en las partes bajas de la línea de conducción.

- Válvulas de aire:

La función principal de estas es expulsar el aire cuando ocurre el llenado de la tubería. Durante la operación del acueducto pueden producirse acumulaciones de burbujas y la falta de este tipo de válvulas puede afectar la operación de los emisores de agua para riego.

Otra función importante de la válvula es inyectar aire para evitar la formación de vacíos que pueden generar implosión de una fracción de la tubería. Se colocaron válvulas en las partes más altas de la línea de conducción.

- Válvula de control:

Es una válvula usada para controlar el flujo de un fluido, comportándose como un orificio de área continuamente variable, que modifica la pérdida de carga, según lo dirigido por la señal de un controlador. Esto permite el control del caudal y consigue control de las variables del proceso tales como presión,

temperatura y nivel. Se colocan en la entrada y en la salida del tanque de almacenamiento.

- Conexiones domiciliares:

Las conexiones domiciliares son la unión física (instalaciones de tubería) entre el conector público y el límite de propiedad del predio, a través de una tubería que incluye la caja de registro.

2.2.14. Propuestas de operación y mantenimiento

Esto es importante ya que ningún sistema de agua potable puede trabajar por sí solo y debe operarse de una manera adecuada. El mantenimiento que este requiere es indispensable, debe haber alguien encargado de hacerlo y resolver todos los problemas técnicos, operativos y administrativos.

2.2.14.1. Operación

La operación es el conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para que todas las partes del sistema funcionen en forma continua y eficiente según las especificaciones del diseño.

2.2.14.2. Mantenimiento

El mantenimiento se realiza con la finalidad de prevenir o corregir daños que se produzcan en las instalaciones.

- Mantenimiento preventivo: es el que se efectúa con la finalidad de evitar problemas en el funcionamiento de los sistemas.

- Mantenimiento correctivo: es el que se efectúa para reparar daños causados por acciones extrañas o imprevistas o deterioros normales por el uso.

    - De la buena operación y mantenimiento de un sistema de agua potable depende que el agua consumida sea de buena calidad y que se tenga un servicio continuo y en la cantidad necesaria.

    - Además, permitirá garantizar la vida útil del sistema y disminuir los gastos de reparaciones.

- Mantenimiento del área de captación

    - Dos veces por mes debe realizarse con la finalidad de:
        - Verificar si hay fuentes de contaminación.
        - Observar si hay deforestación.
    - Cada mes
        - Limpiar el área de cualquier impureza que pueda llegar a existir.
    - Cada tres meses
        - Revisar la protección que se le pone al área de captación y si hay la necesidad de repararlo hacerlo.

- Lecho filtrante

    - Dos veces por mes
        - Revisar que no haya algún tipo de obstrucción.
        - Revisar que el sello sanitario se encuentre en óptimas condiciones.

- En época de invierno

    - Verificar el funcionamiento de la tubería de desagüe.
    - Mantener limpio el sello sanitario.
    - Mantener limpia la caja de captación
    - Verificar que la tubería de desagüe de la caja de captación esté funcionando de una manera adecuada.

- Tanque de distribución

    - Una vez al año
        - Revisar la estructura y las válvulas.
        - Lavar el interior del tanque.

- Mantenimiento de la línea de distribución

    - Cada mes
        - Verificar que esté limpia.
        - Verificar que no haya fugar o algún desperfecto en la línea.
        - Verificar que las válvulas de limpieza y de aire funcionen adecuadamente.
        - Chapear y limpiar las líneas.

2.2.14.3. Caja rompe presión

Es una estructura pequeña, su función principal es reducir la presión hidrostática a cero u a la atmósfera local, generando un nuevo nivel de agua y creándose una zona de presión dentro de los límites de trabajo de las tuberías.

2.2.14.4. Caja de válvulas o de registro

Su función consiste en proteger cualquier válvula que sea necesaria para instalar en el sistema hidráulico, tales como válvulas de compuerta, válvulas de paso, válvulas de aire, válvulas de limpieza, válvulas reguladoras de presión y demás.

2.2.14.5. Conexión domiciliar

Comprende la unión física entre la red o línea de distribución y el límite de propiedad del predio a través de una tubería que incluye la caja de control y su medidor.

2.2.14.6. Redes de distribución

Es aquella en la que se transporta el agua desde el tanque de almacenamiento hasta la conexión del servicio, es decir, el punto en el que el usuario pueda hacer uso de ella, ya sea una toma de agua comunitaria o conexiones domiciliares.

2.2.15. Propuesta de tarifa

Para que un sistema de agua potable pueda ser sostenible durante todo el periodo de diseño, es necesario tener un fondo para poder operar y mantener el sistema de manera óptima. Para esto se debe determinar una tarifa que deben aportar los beneficiados del proyecto, la cual está basada en función de la operación, mantenimiento, tratamiento, administración y reserva del mismo.

- Gasto de operación (O)

Esto representa la contratación de los servicios de un fontanero, ya que se necesita de una persona que brinde una operación de manera adecuada al sistema. Esto se calcula tomando en cuenta el pago por jornada y las prestaciones de ley.

Pago por jornal: Q 92,88.

Prestaciones: 66 % (vacaciones, indemnización, aguinaldo, bono 14 e IGSS).

$$O = \frac{Q\ 92{,}88}{\text{dia}} * \frac{30\ \text{dias}}{\text{mes}} * 1{,}66 = Q\ 4\ 625{,}42$$

O = costo de operación

El salario del fontanero es de Q 4 625,42.

- Costo de mantenimiento (M)

Este costo se usará para la compra de materiales para el sistema, por si hay necesidad de cambiar ya sea por defecto o deterioro de los mismos y se estima el 4 por millar del costo total del proyecto.

$$M = \frac{R * \text{Costo total del proyecto}}{\text{periodo de diseño}}$$

Donde:

R = porcentaje de 4 por millar del costo total del proyecto

M = costo de mantenimiento

$$M = \frac{0{,}004 * 469449{,}34}{20} = Q\ 93{,}89\ \text{mensual}$$

- Costo de tratamiento (T)

Es el costo que se requiere para la compra de tabletas de cloro necesarias para el proceso de cloración, el cual se hace mensualmente.

T = costo de tabletas de cloro * No. de tabletas de cloro por mes

T = Q1,25 * 105 tabletas/mes =Q 131,25/ mes

- Coste de administración (A)

El coste de administración es el valor que sirve para gastos de papelería, el cual es el 15 % de la suma de los costos anteriores.

A = 0,15 * (O + M + T) = 0,15 * (4625,42 + 93,98 + 131,25) = Q 727,60 mes

- Coste de reserva (R)

Este costo servirá para cubrir cualquier imprevisto que afecte al proyecto, este corresponde al 10 % de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

R = 0,10 * (O + M + T) = 0,10 * (4625,42+ 93,98 + 131,25) = Q 485,07 mes

Tarifa:

La tarifa es la suma de los costos anteriores dividida entre la cantidad de viviendas beneficiadas:

$$T = \frac{O + M + T + A + R}{\text{No. de viviendas}}$$

$$T = \frac{4\,625{,}42 + \ 93{,}98 + 131{,}25 + 727{,}60 \ + \ 485{,}07}{565} = \ Q10{,}73$$

La tarifa mensual que deberá pagar cada casa beneficiada con el proyecto será de Q 10,73, esto servirá para el pago del fontanero y el mantenimiento en óptimo estado del sistema de desinfección, entre otros gastos.

2.2.16. Presupuesto

En la tabla LIV se detalla el presupuesto de la red de distribución de agua potable:

Tabla LIV. **Presupuesto de la red de agua potable**

Numero	Descripcion	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
1	Trabajos preliminares	2771,72	ML	Q 37,26	Q103 265,07
1,1	Limpieza	2771,72	ml	Q 15,78	Q 43 737,74
1,2	Trazo y estaqueo	2771,72	ML	Q 20,25	Q 56 127,33
1,3	Bodega	1,00	0,00	Q 1 000,00	Q 1 000,00
1,4	Topografia	3,00	dias	Q 800,00	Q 2 400,00
2	Excavacion	2771,72	ML	Q 80,00	Q221 737,60
2,1	Corte	2771,72	M^3	Q 65,00	Q180 161,80
2,2	Relleno	2771,72	M^3	Q 15,00	Q 41 575,80
3	Tanque de distribucion	1,00	unidad	Q 1 286,63	Q 50 598,90
3,1	Tapadera	1,00	Global	Q 12 000,00	Q 12 000,00
3,2	Tanque de almacenamiento	30,00	m^3	Q 1 286,63	Q 38 598,90
4	Accesorios	1,00	GLOBAL	Q 53 618,70	Q 53 618,70
4,1	Caja de valvula de aire	2,00	Unidad	Q 5 418,60	Q 10 837,20
4,2	Caja de valvulas	10,00	Unidad	Q 2 486,90	Q 24 869,00
4,3	Captacion + caja de valvulas	2,00	Unidad	Q 8 956,25	Q 17 912,50
5	Tuberia	1,00	GLOBAL	Q 236 701,37	Q236 701,37
5,1	Linea de conduccion	654,69	ML	Q 220,31	Q144 235,41
5,2	Linea de distrubucion	3694,93	ML	Q 25,03	Q 92 465,96
6	Conexiones	50,00	Unidad	Q 1 155,99	Q 57 799,50
6,1	Conexiones domiciliares	50,00	Unidad	Q 1 155,99	Q 57 799,30
				TOTAL	**Q723 721,14**

Fuente: elaboración propia.

2.2.17. Cronograma

En la tabla LV se detalla el cronograma de ejecución de obra para la red de distribución de agua potable:

Tabla LV. **Cronograma de ejecución de obra**

Cronograma de actividades	Unidad	Cantidad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trazo y replanteo de la linea	ml	2 771,72																								
Excavacion y relleno de zanja	ml	2 771,72																								
Tanque de distribucion	m³	30																								
Caja de valvula de aire	Unidad	2																								
Caja de valvulas	Unidad	10																								
Captacion + caja de valvulas	Unidad	2																								
Linea de conduccion	ml	654,59																								
Linea de distrubucion	ml	3 694,93																								
Conexiones domiciliares	Unidad	50																								

Fuente: elaboración propia.

2.2.18. Evaluación socioeconómica

Un estudio es un documento que permite conocer el entorno económico, social, cultural y laboral. En dicho documento se brinda información y se realiza para obtener un parámetro que permita las decisiones correctas al momento de hacer una inversión económica.

2.2.18.1. Valor Presente Neto (VPN)

Es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con una inversión.

El método del VPN o VAN es uno de los criterios económicos más amplios que se usan en la evaluación de proyectos para su inversión. Este consiste en comparar el flujo de efectivo futuro con la inversión inicial y si esta comparación es mayor que la inversión inicial se considera que el proyecto es recomendable y es aceptado.

El valor presente neto puede tener tres posibles respuestas:

- VPN < 0 indica que el proyecto no es rentable
- VPN = 0 indica que el proyecto no generara pérdidas ni ganancias
- VPN > indica que el proyecto es rentable

$$P = F\frac{1}{(1+i)^n - 1}$$

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

Donde:

P = valor presente

F = valor de pago futuro

A = valor de pago uniforme en un periodo determinado o valor de pago constante o renta de ingreso

I = tasa de interés de cobro por la operación

n = periodo de tiempo que se pretende dure la operación

Para el cálculo del VAN se usa la siguiente expresión:

$$\mathrm{VAN} = \frac{\mathrm{V\ futuro}}{(1+\mathrm{r})^{\mathrm{n}}}$$

Donde:

VAN = valor actual neto

r = tasa de descuento

n = años

2.2.18.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, es decir el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el valor actualizado neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

Dado que los beneficios son cero, se asume que este dará un valor negativo, lo cual indica que este proyecto no es productivo, pero como se indica con anterioridad hay razones por las cuales hay que realizarlo.

2.2.19. Evaluación del impacto ambiental en sistemas de agua potable

- Evaluación ambiental inicial
- Actividades de bajo impacto ambiental

Tabla LVI. **Formulario del impacto ambiental para la red de agua potable**

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará. • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y **debe** ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información **debe** ser completada, utilizando letra de **molde legible** o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.	**No. Expediente:** **Clasificación del Listado Taxativo** **Firma y Sello de Recibido**

I. INFORMACION LEGAL

I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):

Ampliación de sistema de agua potable de caserío joya honda a caserío sacabastal de aldea el paraíso

1,1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.

Consiste en la construcción de una línea de conducción desde un pozo en aldea Marillanos hacia un tanque de almacenamiento, luego el agua potable es distribuida hacia los caseríos por medio de líneas de distribución hacia los caseríos Joya honda y Sacabastal.

I.2. Información legal:

A) Persona Individual:

A.1. Representante Legal: Felix Fernando Monteagudo Revolorio

A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI): 2396319350101

_____

B) De la empresa:

Razón social: _____

Nombre Comercial:_____

No. De Escritura Constitutiva: _____

Fecha de constitución: _____

Patente de Sociedad Registro No._____ Folio No. _____ Libro No. _____

Patente de Comercio Registro No._____ Folio No. _____ Libro No. _____

C) De la Propiedad:

No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.

D) De la Empresa y/o persona individual:

Número de Identificación Tributaria (NIT): _____

Continuación de la tabla LVI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN

I.3 Teléfono: 6644-6800 Correo electrónico: upi@munipalencia.gob.gt

I.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)

Cantón Joya Honda y caserío Sacabastal, aldea El Paraíso, municipio de Palencia, departamento de Guatemala

Especificar Coordenadas Geográficas

14°37´16´´ N 90°21´43´´W

I.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)

Cantón pueblo nuevo 0.-93 Palencia

I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico 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
• Actividades a realizar • Insumos necesarios • Maquinaria • Otros de relevancia	• Actividades o procesos • Materia prima e insumos • Maquinaria • Productos y Subproductos (bienes y servicios) • Horario de Trabajo • Otros de relevancia	• Acciones a tomar en caso de cierre

II.3 Área

c) Área total de terreno en metros cuadrados:_____666828,98m²_____

d) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados:_____405893,88 m²_____

Área total de construcción en metros cuadrados:_____186061,92 m²_____

Continuación de la tabla LVI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN

II.4 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE____Aldea los Tecomates_____ SUR_____Aldea Agua Tibia_____
ESTE _____Aldea Buena Vista___ OESTE_____Aldea El Paraíso_____

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
Aldea Los Tecomates	Norte	3000m
Aldea El Paraíso	Oeste	1000m
Aldea Agua Tibia	Sur	5000m
Aldea Buena Vista	Este	1000m

II.5 Dirección del viento:
De norte a sur

II.6 En el área donde se ubica la actividad, ¿a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?

a) inundación ( ) **b) explosión ( )** **c) deslizamientos ( )**

d) derrame de combustible () **e) fuga de combustible ( )** **d) Incendio ( )** **e) Otro (x)**

Detalle la información: El área donde se ubica el proyecto no está expuesta a ningún riesgo

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: Diurna (x) Nocturna ( ) Mixta ( ) Horas Extras_____

b) Número de empleados por jornada_____10_____ Total empleados_____10_____

II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO…

Continuación de la tabla LVI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN

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**						
	Pozo	Si	1,79 L/s	Aldea marillanos	Distribucion		tanque
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	**Otro**	No					
	Gasolina	No					
	Diesel	No					
	Bunker	No					
	Glp	No					
	Otro	No					
Lubricantes	**Solubles**	No					
	No solubles	No					
Refrigerantes		No					
Otros		No					

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

III. IMPACTO AL AIRE

GASES Y PARTICULAS

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?

Las acciones del proyecto levantaran polvo del suelo ya que al momento de excavar se levantará polvo proveniente del suelo y se acumularan grandes cantidades de tierra.

MITIGACION

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?

Para evitar que se disperse polvo al ambiente, se transportara de manera inmediata toda la tierra que se saque al tiradero municipal para asi evitar la acumulación de tierra y la dispersión de polvo al ambiente.

Continuación de la tabla LVI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES **III.3** ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? Se producirá sonido moderado y vibraciones. **III.4** En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc. Se produciría por la maquinaria y el equipo que se utilizara. **III.5** ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? La maquinaria y el equipo creadores del sonido se utilizará se utilizará muy poco tiempo y será lo más rápido posible para que el ruido no se prolongue por mucho tiempo.	
OLORES **III.6** 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: No se producen olores **III.7** Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? Debido a que no se producen olores, no aplica	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION 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? **e)** Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) **f)** Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) **g)** Mezcla de las anteriores **h)** Otro; X Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado Otra ya que las únicas aguas negras que se generarán serán por actividades de servicios sanitarios portátiles. **IV.2** Indicar el número de servicios sanitarios 2 servicios de sanitarios portátiles.	

Continuación de la tabla LVI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES **IV.3** Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales) **f)** sistema de tratamiento **g)** Capacidad **h)** Operación y mantenimiento x **i)** Caudal a tratar **j)** 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 Ninguno ya que el sistema a utilizar será baños portátiles y la empresa llegará 3 veces por semana a darle mantenimiento.	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES) **IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)** **No aplica.**	
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SÓLIDOS **VOLUMEN DE DESECHOS** **V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:** ☐ **X a) Similar al de una residencia 11 libras/día** ☐ **b) Generación entre 11 a 222 libras/dia** ☐ **c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día** ☐ **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.):** **El tipo de desecho será basura común** **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 se genera** **V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado** **No se genera ninguno, no aplica** **V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado** **Ninguno** **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?** **Por el momento no se contempla** **V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)** **Basurero municipal**	

Continuación de la tabla LVI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN

VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA

CONSUMO

VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) 5 KW/mes

VI. 2 Forma de suministro de energía

a) Sistema público

b) Sistema privado

c) generación propia

VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?

SI_____X_____

NO_____

VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?

Ninguno ya que el consumo de energía es muy bajo

VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)

VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:

- Bosques X
- Animales
- Otros_____

Especificar información A los alrededores se pueden encontrar con diferentes sembradillos y también con bosques.

VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?

No se requiere cortar árboles.

VII.3 Las actividades de la empresa, ¿pueden afectar la biodiversidad del área? **SI ( )** **NO (X) Por qué?**

No se encuentra fauna y la flora no se ve afectada por las actividades.

VIII. TRANSPORTE

VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:

f) Número de vehículos 1

g) Tipo de vehículo particular.

h) Sitio para estacionamiento y área que ocupa

i) Horario de circulación vehicular Todo el dia

j) Vías alternas Ninguna.

IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS

ASPECTOS CULTURALES

IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Ladina

Continuación de la tabla LVI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES **IX.2** Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente: d) ☐ La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico_____X_____ e) ☐ La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico_____ f) ☐ La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico_____ Ampliar información de la respuesta seleccionada No hay ningún recurso natural o arqueológico cercano al proyecto	
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 (x) **IX.4** Qué tipo de molestias? Ninguna **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? ¿Explicar por qué? No ya que no afecta de manera alguna al paisaje del área.	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina: **d)** X la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio **e)** ☐ la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores **f)** ☐ 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:	
X.3 riesgos ocupacionales: ☐ Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores ☐ La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores ☐ La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores X No existen riesgos para los trabajadores Ampliar información: No se presenta riesgo alguno ya que las actividades a realizar en el proyecto no presentan ningún riesgo para los trabajadores.	
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 de protección, lentes de seguridad. **X.6** ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Brindarle equipo protector para evitar daños a los trabajadores y a la población indicarles que tengan cuidado cuando estén cerca la zona del proyecto.	

Fuente: elaboración propia, empleando el formulario del MARN.

CONCLUSIONES

1. La propuesta de la construcción de una escuela beneficiará a 225 alumnos de nivel preprimario. Los alumnos tendrán un espacio de bienestar, seguro, variado, que cubrirá las necesidades de cada uno de los estudiantes dentro de un marco de respeto.

2. El diseño estructural y el arquitectónico de la escuela no pueden sufrir modificación o alteración alguna, ya que estos se basan en evaluaciones de campo, estudios realizados de suelos y el análisis estructural correspondiente. Por ello hay que cumplir con las especificaciones que se establecieron.

3. Por medio de supervisiones técnicas se garantiza el correcto funcionamiento del sistema de agua potable.

4. El tratamiento del agua garantiza que la población obtendrá y se abastecerá de agua potable.

5. Los caseríos Joya Honda y El Sacabastal carecen de servicios de agua potable, por tal razón la construcción de la ampliación del sistema de agua potable se considera de alta importancia para los pobladores y el municipio.

6. A través del Ejercicio Profesional Supervisado se obtiene una formación profesional como ingeniero por medio de la práctica.

RECOMENDACIONES

1. Recordar que el supervisor debe tomar muestras de los materiales a utilizar en la construcción y realizar los ensayos de laboratorios respectivos, ya que esas muestras sirven para garantizar que los materiales utilizados cumplan con las normas y las especificaciones técnicas que requiera el proyecto.

2. Dar mantenimiento al proyecto, lo cual debe ser de manera periódica. En el caso de la escuela aplicarlo cada cierto tiempo, de igual manera revisar constantemente los artefactos sanitarios y eléctricos.

3. Velar porque el área perimetral del tanque esté siempre fuera del alcance de contaminantes, árboles o algún tipo de maleza.

4. Capacitar y educar a la población, por medio de la municipalidad, para crear en la gente una cultura de ahorro de agua y mantener de manera óptima las fuentes de abastecimiento y toda la línea de este proceso.

5. Revisar de manera periódica el sistema de desinfección, verificando que siempre cuente con la cantidad correcta de cloro.

6. Mantener un control completo del sistema y verificar que todo trabaje de manera correcta y siempre esté en buen estado, para así cerciorarse de que el sistema tenga siempre un buen funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Código de diseño de hormigón armado, ACI 318 – 19. Reglamento y comentarios.* Nueva York, Estados Unidos: ACI, 2019. 495 p.

2. EJCALÓN BAJÁN, Ernesto Enrique. *Diseño de edificio escolar de la aldea Quisache, municipio de Acatenango, departamento de Chimaltenango.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 152 p.

3. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* Ciudad de Guatemala: INFOM, 2011. 39 p.

4. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto.* 12 ed. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 2004. 738 p.

5. OROZCO BARRIOS, Otto Roberto. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Carmen, San Pablo, San Marcos.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingenieria, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2011. 142 p.

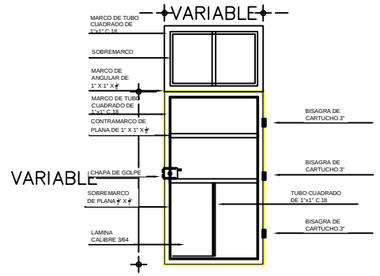
APÉNDICES

Apéndice1. **Planos de edificio escolar de párvulos de la cabecera municipal de Palencia**

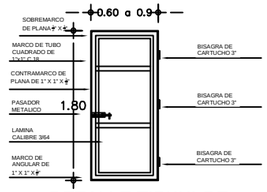
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

PLANTA DE ACABADOS

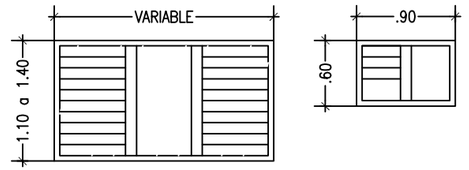
Escala 1/100



DETALLE TIPICO DE
P-1 CON SOBREMARCO
P-4 NO LLEVA SOBREMARCO



DETALLE TIPICO DE
P-2, P-3 CON SOBREMARCO



DETALLE TIPICO DE VENTANAS

PLANTILLA DE VENTANAS

TIPO	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	OBSERVACIONES
V-1	48	1.61	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-2	6	1.60	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-3	2	1.55	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-4	7	0.90	0.60	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-5	8	2.03	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-6	1	2.00	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-7	4	1.51	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-8	1	1.83	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-9	4	1.685	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-10	1	2.17	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-11	6	2.55	0.80	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.
V-12	4	1.39	1.10	Aluminio anonizado color natural vidrio claro de 5 mm.

NOMENCLATURA

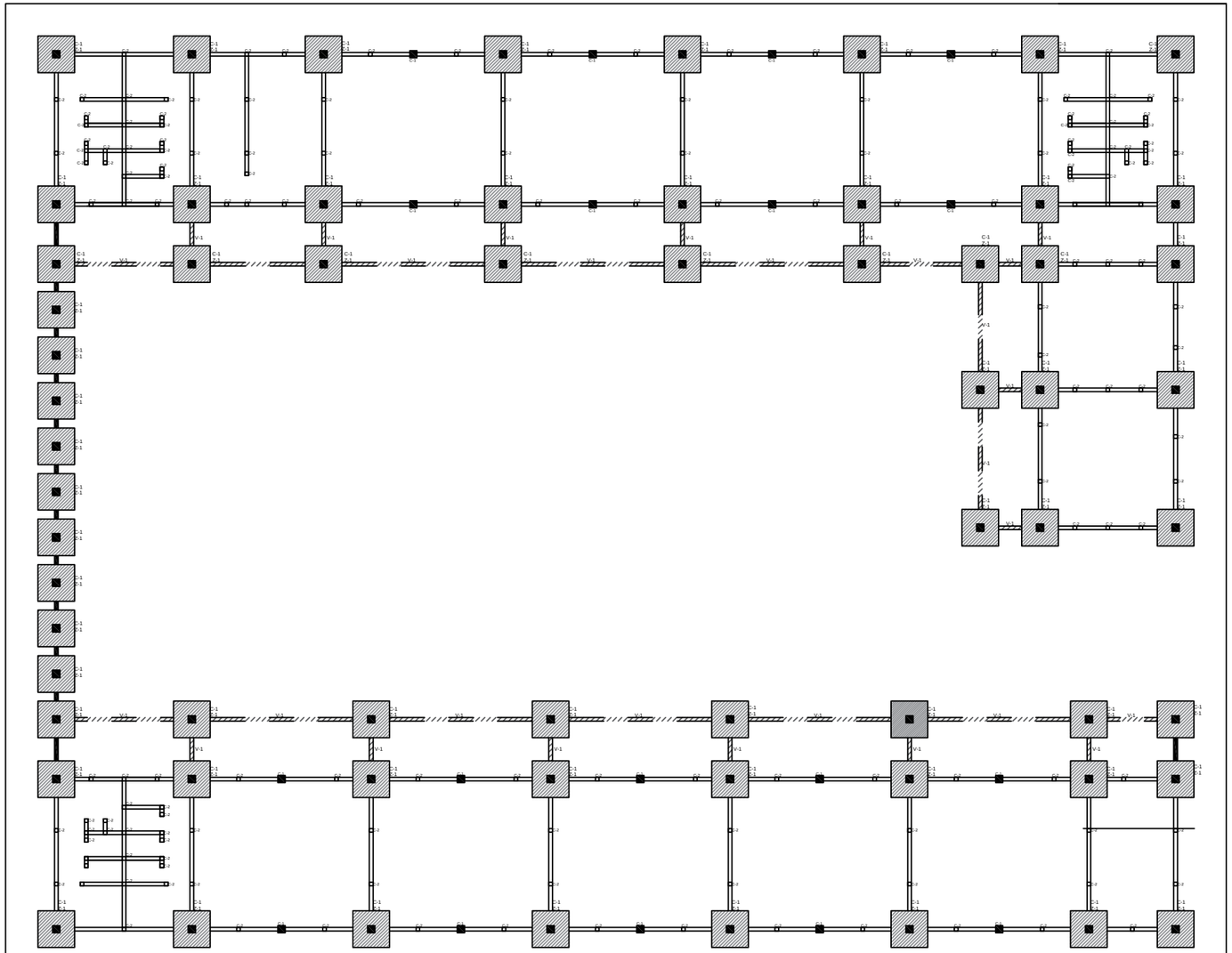
SIMBOLO	UBICACION	MATERIAL	OBSERVACIONES
TC	Piso	Piso de concreto semi-alisado	NINGUNA
PA	Piso	Piso ceramico calidad nacional	ANTIDESLIZANTE
PC	Piso	Piso ceramico calidad nacional	NINGUNA
E.R+CR	Cielo	Enlabietado+repello+cernido	INCLUYE PINTURA
	Pared	Pintura	NINGUNA
B.V.S	Pared	Block visto sisado	NINGUNA
V-1 1.61 1.10 2.50	Ventana +balcon	Ventaneria de aluminio natural	NINGUNA
P-1 1.20 2.10	Puerta	METAL (ver planilla)	NINGUNA

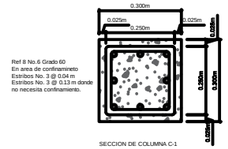
Cuadro identificador de ventanas. V-1 | 1.61 | 1.10 | 2.50 — Tipo de ventana; Ancho ventana; Alto ventana

Cuadro identificador de puertas. P-1 | 1.20 | 2.10 — Tipo de puerta; Ancho de puerta; Alto de puerta

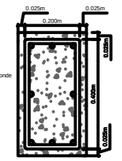
PLANTILLA DE PUERTAS

TIPO	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	SOBREMARCO	OBSERVACIONES
P-1	19	1.20	2.10	0.80	METAL ver detalle (ABATIBLE con chapa)
P-2	6	0.90	1.80	------	METAL ver detalle s.s. inválidos con pasador
P-3	15	0.60	1.80	0.30 levantado del nivel del piso	METAL ver detalle s.s. inválidos con pasador
P-4	1	1.10	1.80	0.30 levantado del nivel del piso	METAL ver detalle (ABATIBLE con chapa)



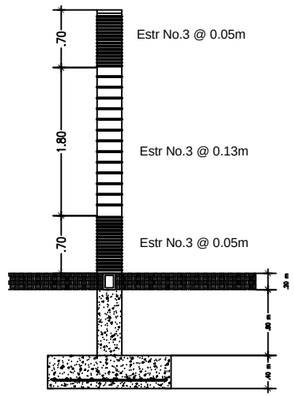


SECCION DE COLUMNA C-1

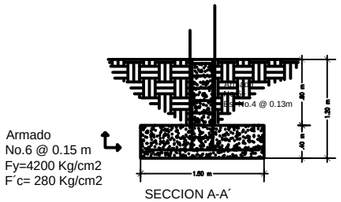


SECCION DE VIGA V-1

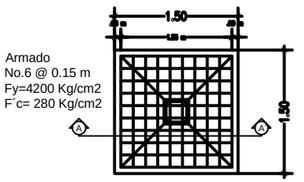
SECCION DE COLUMNA C-2



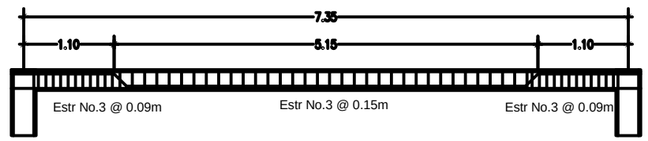
DETALLE DE COLUMNA C-1



SECCION A-A´



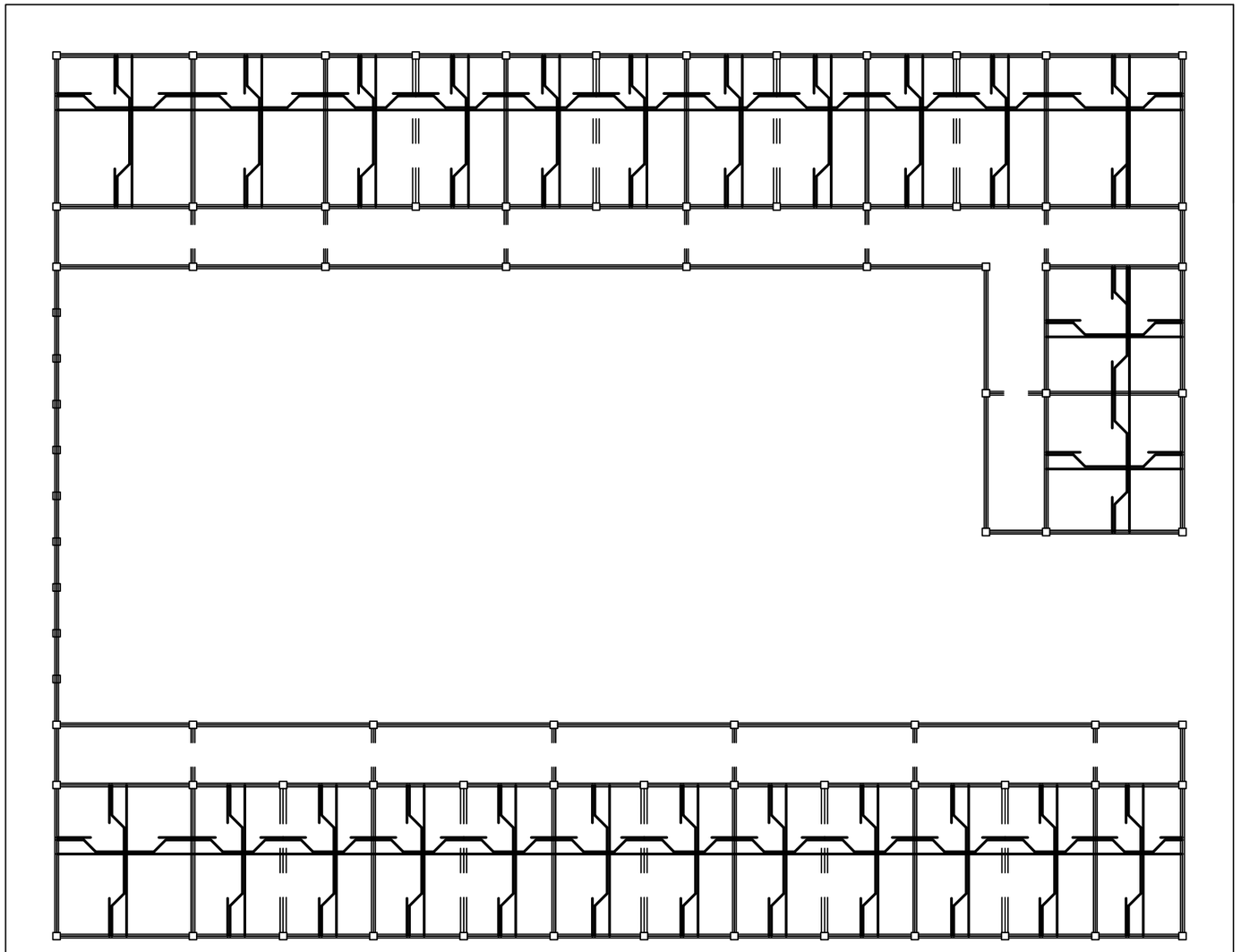
PLANTA DE ZAPATA Z-1

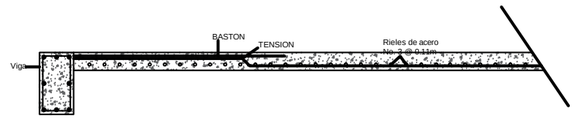


DETALLE DE VIGA V-1

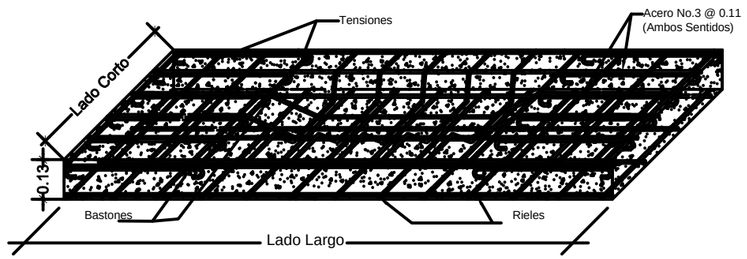
PLANTA ESTRUCTURAL

Escala 1/100





SECCION TIPICA DE LOSA

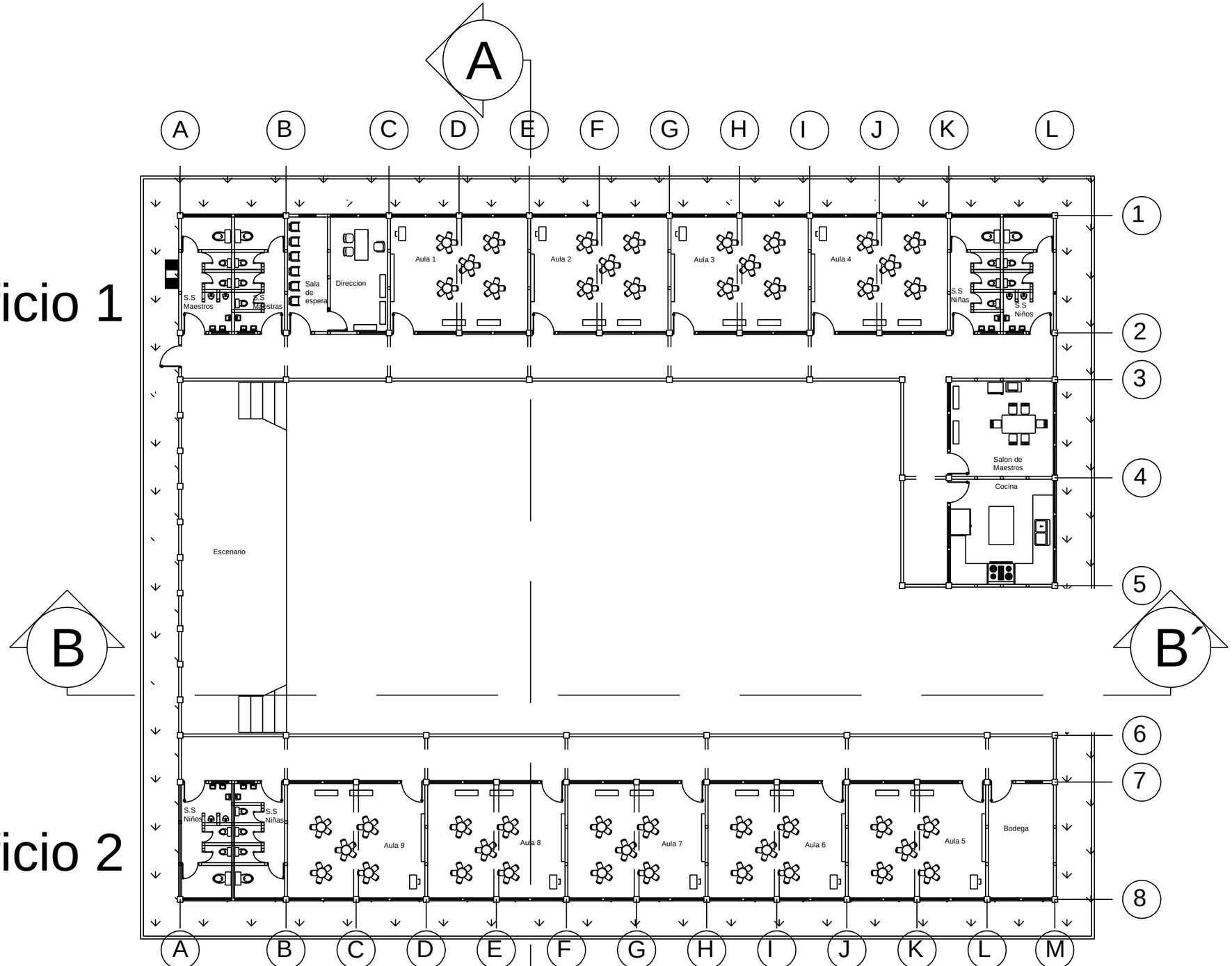


DETALLE DE LOSA

PLANTA LOSAS

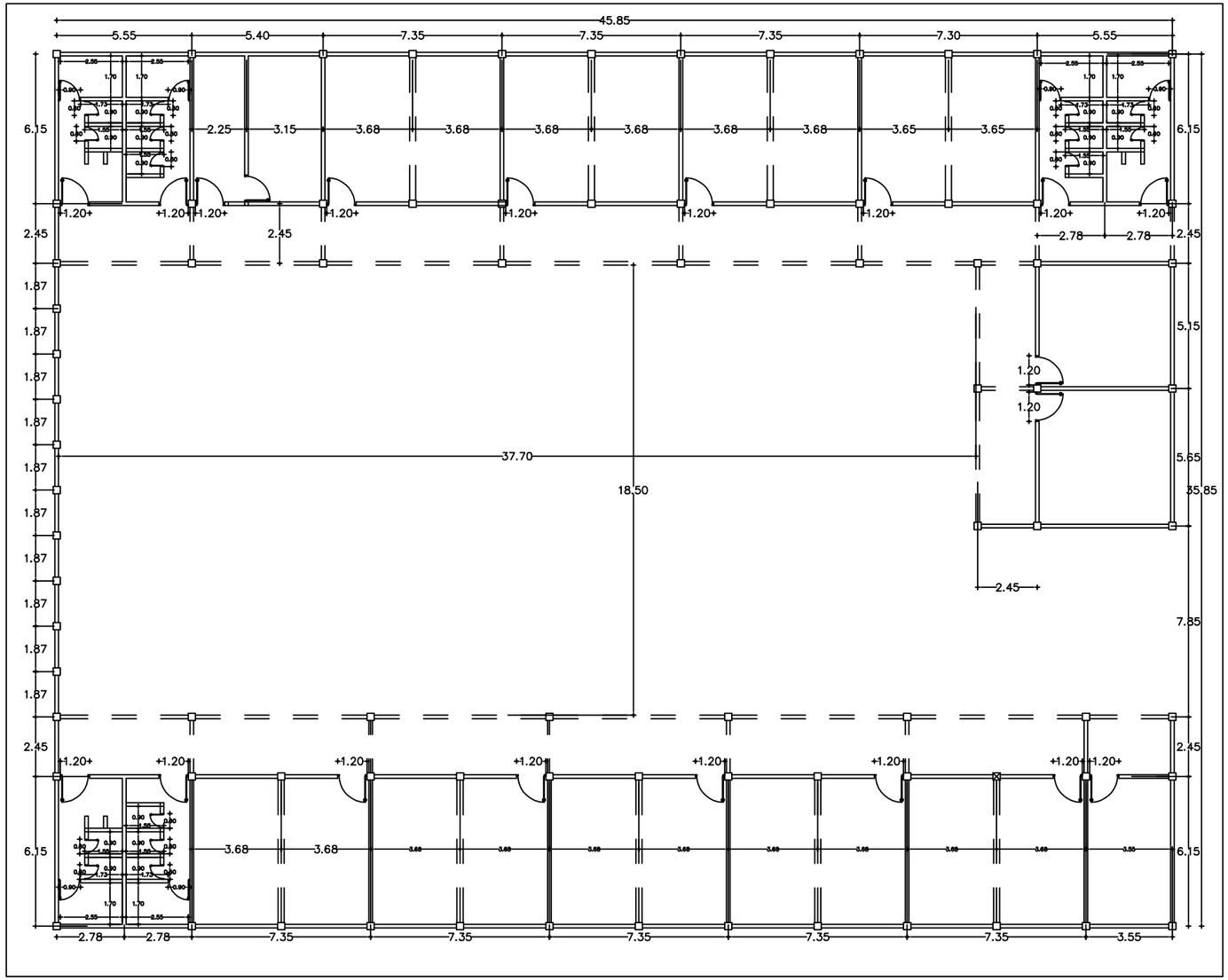
Escala 1/100

Edificio 1



PLANTA AMOBLADA

Escala 1/100



PLANTA ACOTADA

Escala 1/100

Apéndice 2. **Memoria de cálculo de la línea de conducción**

TRAMO		Long	COTA TERRENO		HF	Q	Clase	Diámetro	DIAMETRO		HF(por/diámetro)		Øelegido	COTA PIEZOMETRICA	PRESIÓN	Velocidad (L/s)
Est.	P.O		Inicial	Final					Menor	Mayor	Ømenor	Ømayor				
Fuente	E-1	133,9	2 050,00	1 990,00	60	2,7	160	1,17	1	2	127,09	4,35	2	2 045,65	35,65	1,32
E-1	E-2	154,6	1 990,00	1 930,00	60	2,7	160	1,2	1	2	146,76	5,02	2	1 984,98	34,98	1,32
E-2	E-3	136,4	1 930,00	1 890,00	40	2,7	160	1,27	1	2	129,46	4,43	2	1 925,57	35,57	1,32
E-3	E-4	103,7	1 890,00	1 870,00	20	2,7	160	1,39	1	2	98,49	3,37	2	1 886,63	16,63	1,32
E-4	E-5	44,79	1 870,00	1 860,00	10	2,7	160	1,35	1	2	42,53	1,45	2	1 868,55	18,55	1,32
E-5	T.A.	81,08	1 860,00	1 845,00	15	2,7	160	1,4	1	2	76,98	2,63	2	1 857,37	12,37	1,32

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Memoria de cálculo de la línea de distribución de caserío El Sacabastal**

TRAMO		Long	COTA		HF	Q	Clase	Diametro	DIAMETRO		HF(por/diametro)		Øelegido	COTA	PRESION	Velocidad (L/s)
Est.	P.O		Inicial	Final					Menor	Mayor	Ømenor	Ømayor		PIEZOME		
E-6	E-7	118,23	1 830	1 790	40	2,68	160	1,24	1	2	112,26	3,84	2	1 826,16	36,16	1,32
E-7	E-8	246,8	1 790	1 763	27	2,68	160	1,56	1	2	234,33	8,01	2	1 781,99	18,99	1,32
E-8	E-9	388,31	1 763	1 755	8	2,68	160	2,2	2	3	12,61	1,75	3	1 761,25	16,25	0,59
E-9	E-10	121,32	1 755	1 745	10	1,34	160	1,27	1	2	31,95	1,09	2	1 753,91	18,91	0,66
E-10	E-10,2	267,92	1 745	1 743	2	0,67	160	1,6	1	2	19,57	0,67	2	1 744,33	11,33	0,6
E-10,2	E-10,3	101,4	1 743	1 740	3	0,67	160	1,2	1	2	7,41	0,25	2	1 742,75	12,75	0,6
E-10,2	E-12	153,54	1 743	1 720	23	0,67	160	0,86	1	1	11,22	11,22	1	1 731,78	11,78	1,32
E-10	E-11,0	90,37	1 745	1 732	13	0,67	160	0,87	1	1	6,6	6,6	1	1 738,40	16,4	1,32
E11,0	E11	28,42	1 732	1 728	4	0,67	160	0,87	1	1	2,08	2,08	1	1 729,92	11,92	1,32
E-11	E-12	219,14	1 728	1 720	8	0,67	160	1,15	1	2	16,01	0,55	2	1 727,45	17,45	0,6
E-12	E-13	146,99	1 720	1 718	2	0,67	160	1,41	1	2	10,74	0,37	2	1 719,63	11,63	0,6
E-13	E-14	205,7	1 718	1 691	27	0,67	160	0,89	1	1	15,03	15,03	1	1 702,97	11,97	1,32
E-14	E-15	33,36	1 691	1 687	4	0,67	160	0,9	1	1	2,44	2,44	1	1 688,56	11,56	1,32
E-15	E-16	166,36	1 687	1 645	42	0,67	160	0,78	1	1	12,15	12,15	1	1 674,85	29,85	1,32

Fuente: elaboración propia.

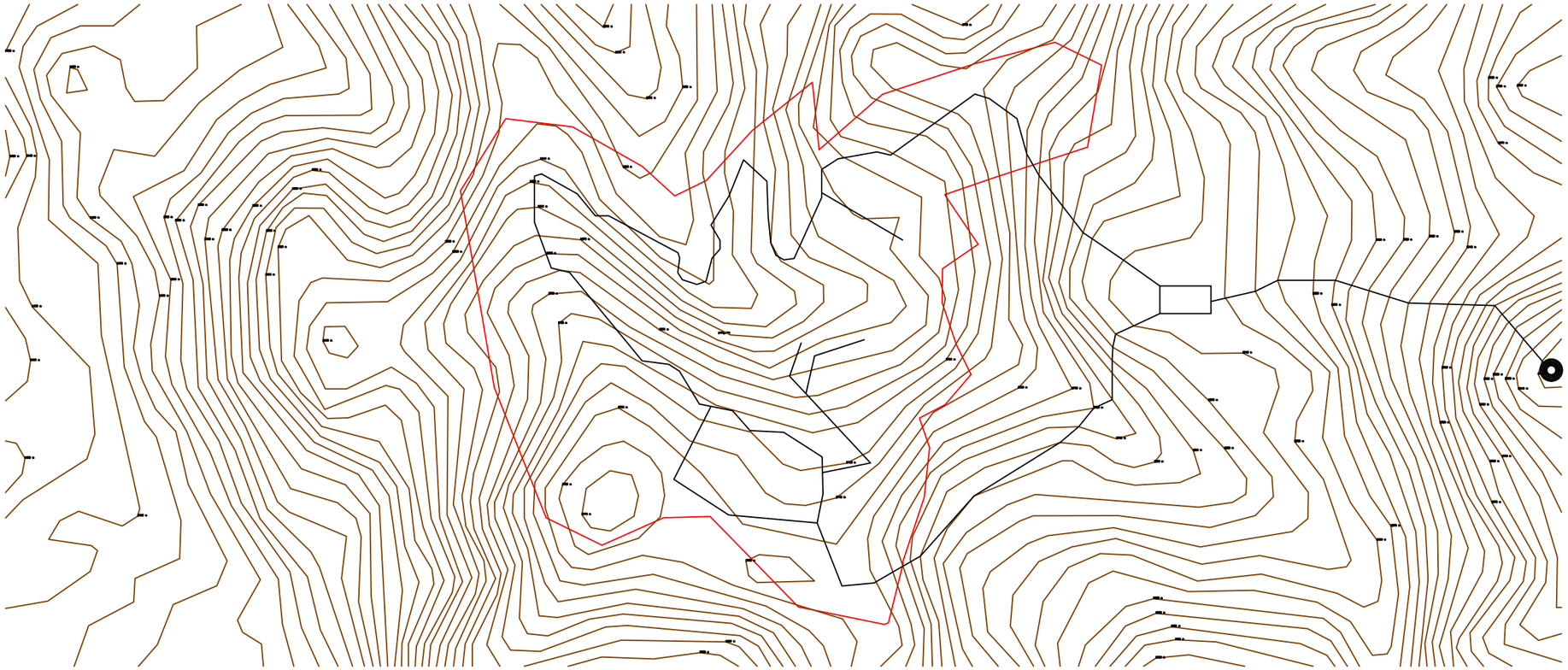
Apéndice 4. **Memoria de cálculo de la línea de distribución de caserío Joya Honda**

TRAMO		Long	COTA		HF	Q	Clase	Diámetro	DIAMETRO		HF(por/diametro)		Ø elegido	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESIÓN	Velocidad (L/s)
Est.	P.O		Inicial	Final					Menor	Mayor	Ømenor	Ømayor				
T.A.	E-19	167,38	1 845	1 830	15	2,68	160	1,62	1	2	158,93	5,43	2	1 839,57	19,57	1,32
E-19	E-20	237,62	1 830	1 775	55	2,68	161	1,33	1	2	222,84	7,62	2	1 822,38	27,38	1,32
E-20	E-21	87,08	1 775	1 755	20	2,66	160	1,33	1	2	81,43	2,78	2	1 772,22	17,22	1,31
E-21	E-22	186,31	1 755	1 710	45	2,6	160	1,31	1	2	166,71	5,7	2	1 749,30	29,3	1,28
E-22	E-23	125,8	1 710	1 690	20	2,58	160	1,42	1	2	111,32	3,81	2	1 706,19	16,19	1,27
E-23	E-24	50,08	1 690	1 685	5	2,58	160	1,57	1	2	44,32	1,52	2	1 688,48	13,48	1,27
E-24	E-24.1	160,3	1 685	1 665	20	2,56	161	1,49	1	2	138,13	4,72	2	1 680,28	15,28	1,26
E-24	E-25	119,9	1 685	1 665	20	2,52	160	1,4	1	2	101,78	3,48	2	1 681,52	16,52	1,25
E-25	E-26	50,24	1 665	1 660	5	2,51	160	1,55	1	2	42,32	1,45	2	1 663,55	13,55	1,24
E-26	E-27	110,4	1 660	1 656	4	2,49	160	1,9	1	2	91,58	3,13	2	1 656,87	20,87	1,23
E-27	E-28	56,58	1 656	1 653	3	2,49	160	1,76	1	2	46,94	1,61	2	1 654,39	11,89	1,23
E-28	E-29	236,15	1 653	1 633	20	2,47	160	1,59	1	2	192,13	6,57	2	1 646,43	13,43	1,22
E-29	E-30	40,52	1 633	1 630	3	2,47	160	1,64	1	2	32,97	1,13	2	1 631,87	11,47	1,22
E-30	E-31	35,7	1 630	1 625	5	2,47	160	1,44	1	2	29,05	0,99	2	1 629,01	14,01	1,22
E-31	E-32	282,02	1 625	1 620	5	2,42	160	2,18	1	3	221,45	1,05	3	1 623,95	13,95	0,53

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Planos del sistema de distribución de agua potable**

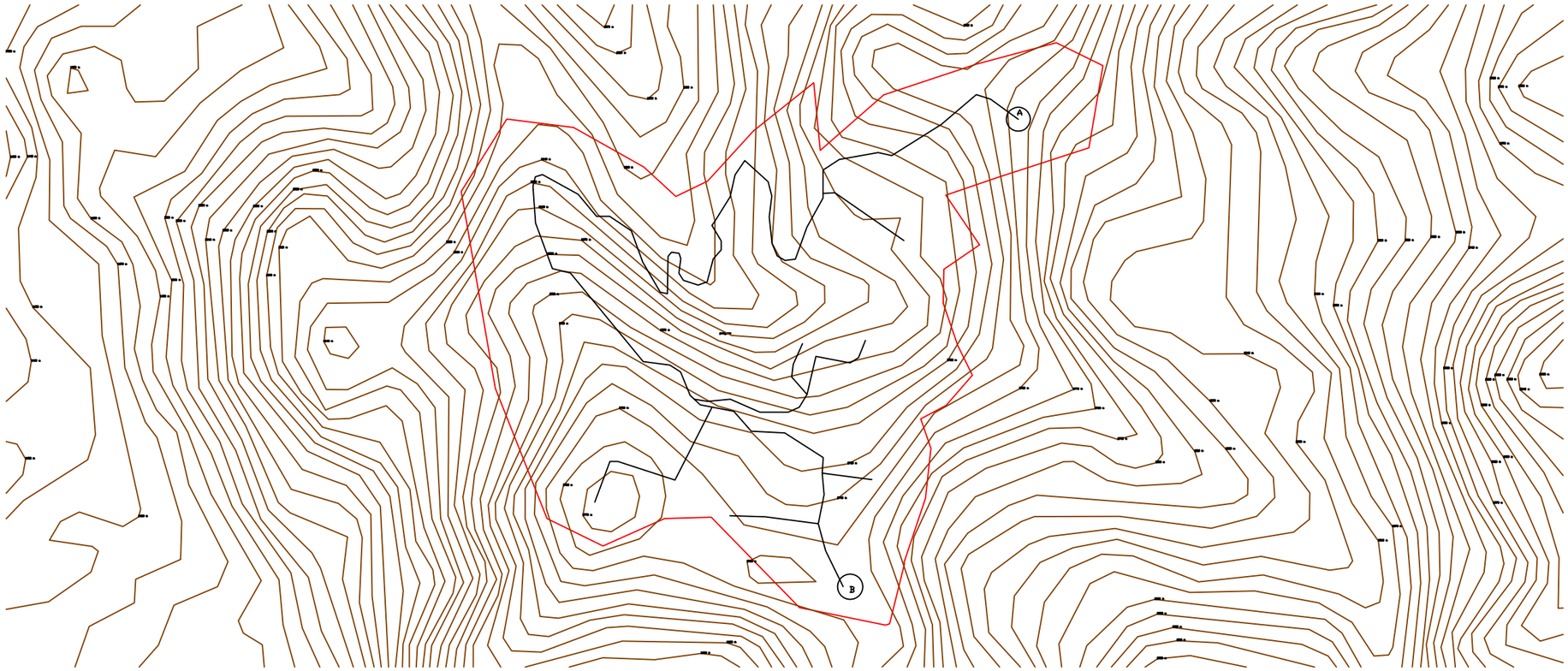
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			FECHA: 07/2021
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL			ESCALA: 1:100
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: TOPOGRAFIA DEL LUGAR			

HOJA: 1 / 12

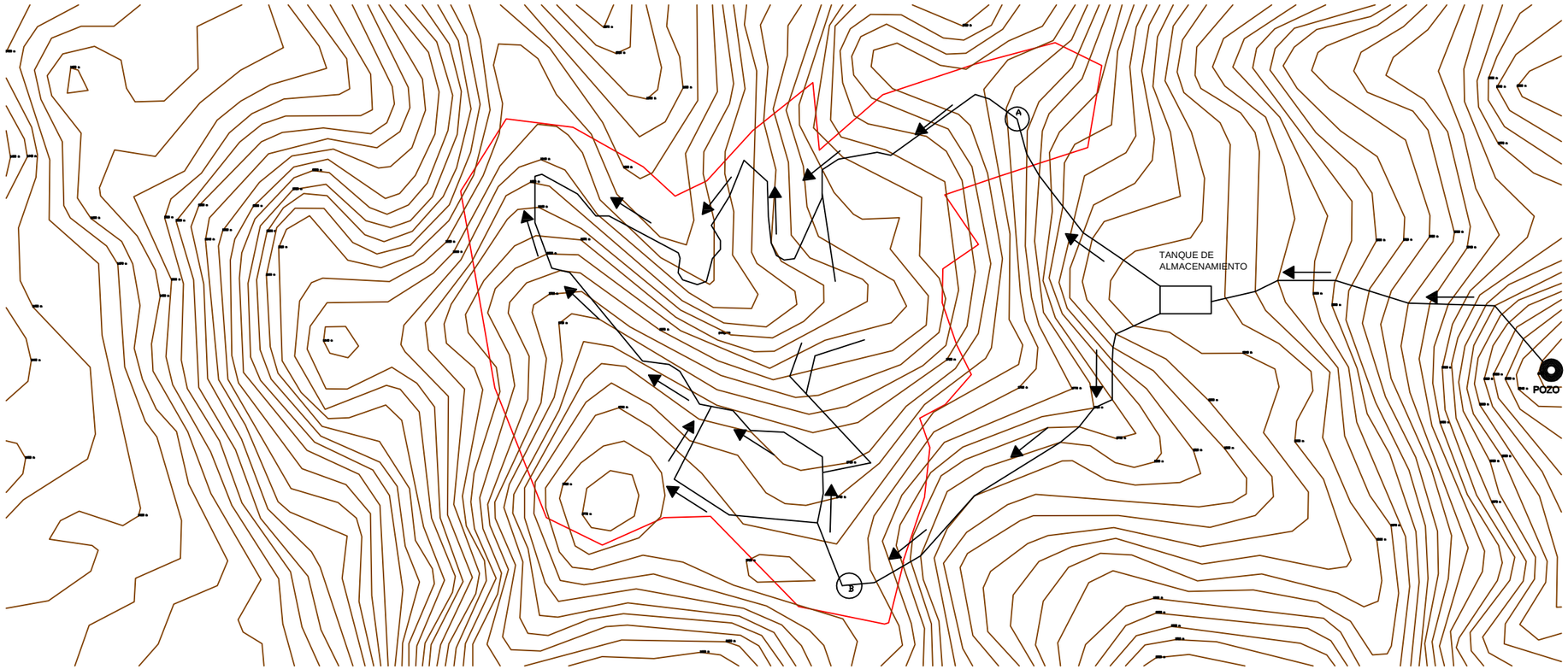
Vo.Bo.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			FECHA: 07/2021
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL			ESCALA: 1:100
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: AREA Y CAMINO DEL AREA DEL PROYECTO			

HOJA: 2 / 12

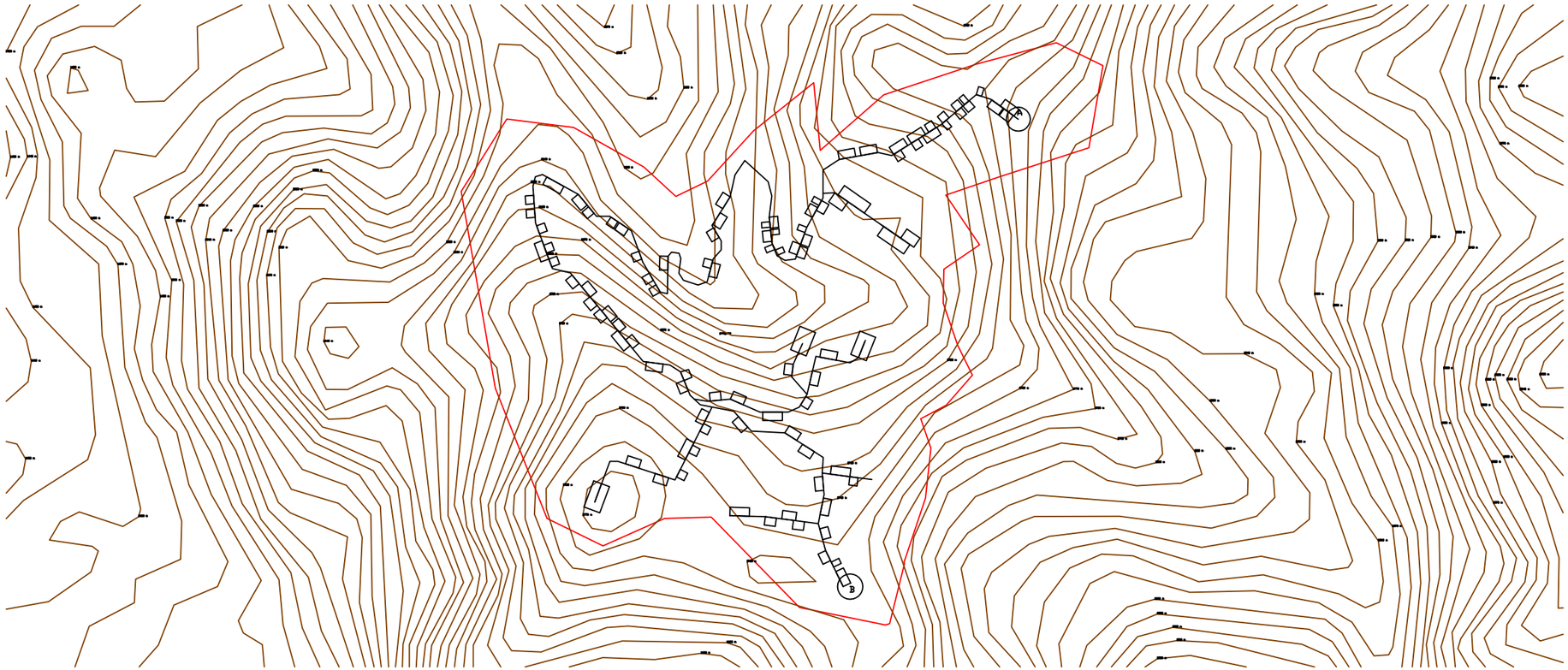
Vo.Bo.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			FECHA: 07/2021
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL			ESCALA: 1:100
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: LINEA DE CONDUCCION CON TANQUE DE ALMACENAMIENTO			

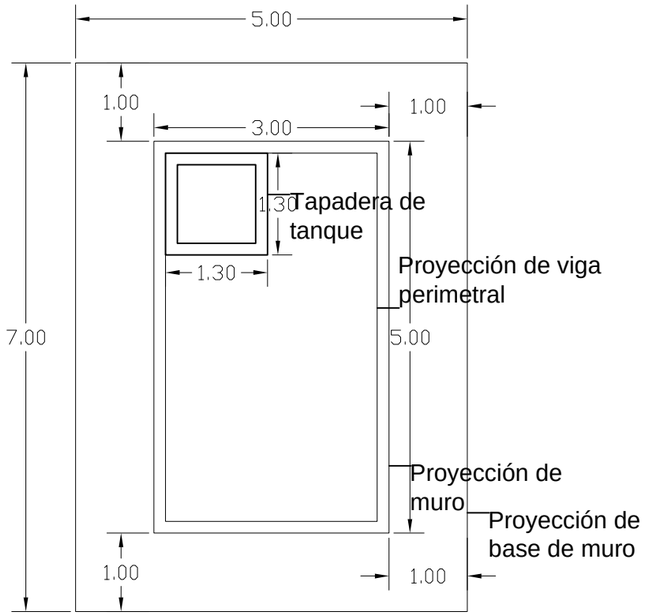
HOJA: 3 / 12

Vo.Bo.

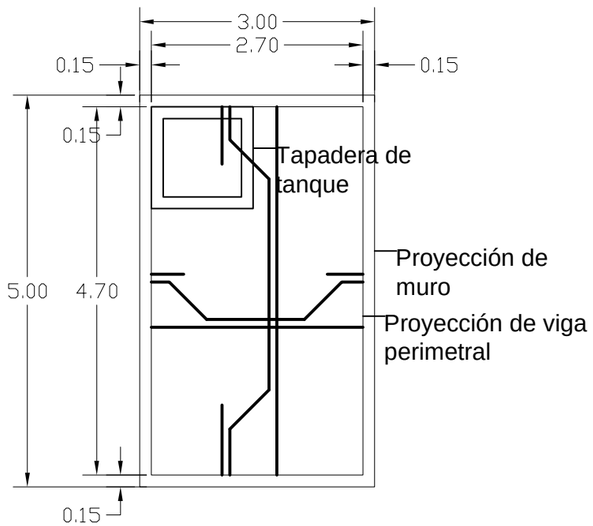


En el proyecto hay 100 casas con una densidad de poblacion aproximada de 10 habitantes por casa.

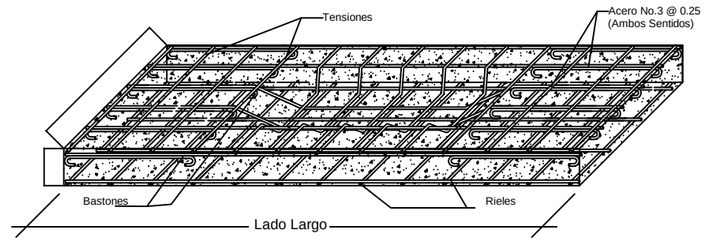
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: 07/2021	HOJA: 4 / 12
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL		ESCALA: 1:100	
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: PLANO POBLACIONAL			Vo.Bo.



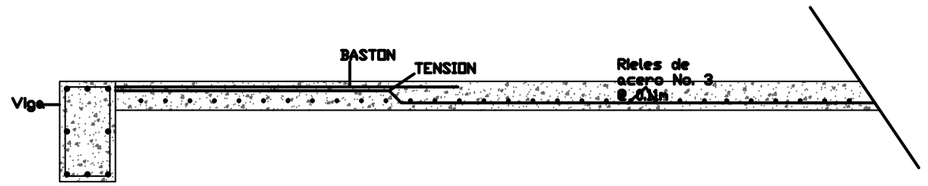
PLANTA DE TANQUE



PLANTA DE LOSA DE TECHO

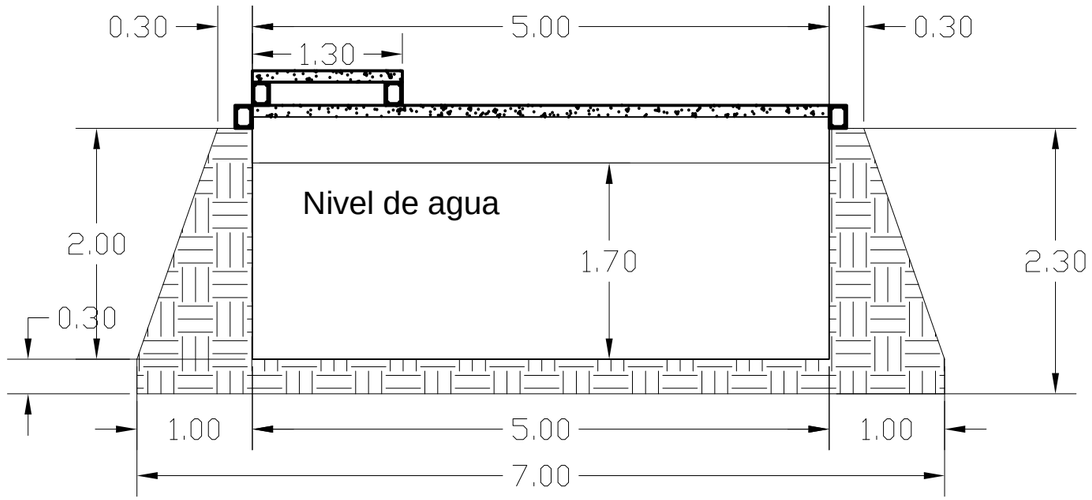


DETALLE DE LOSA

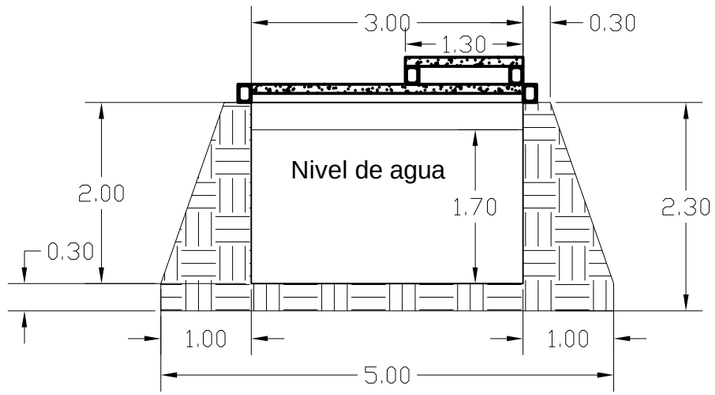


SECCION TIPICA DE LOSA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: 07/2021	HOJA: 5 / 12
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL		ESCALA: 1:100	
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: TANQUE DE DISTRIBUCION DISEÑO DE LOSA			Vo.Bo.



SECCION DE TANQUE



SECCION DE TANQUE

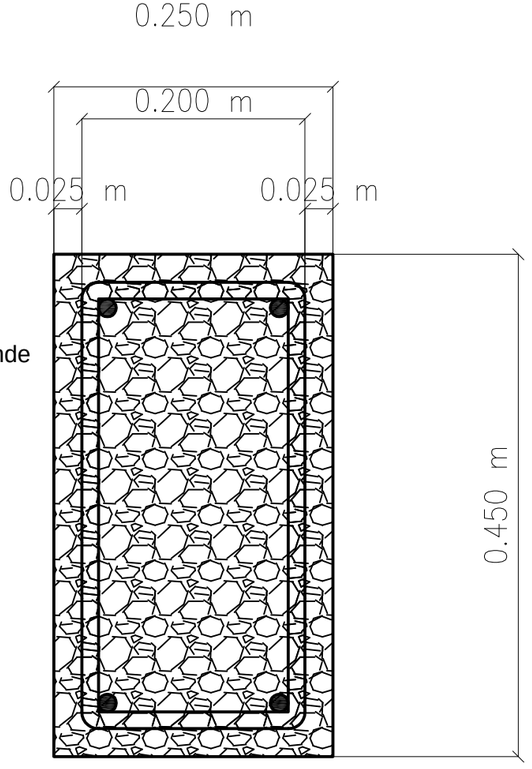
escalera de servicio

Tapadera de concreto

Muros de concreto

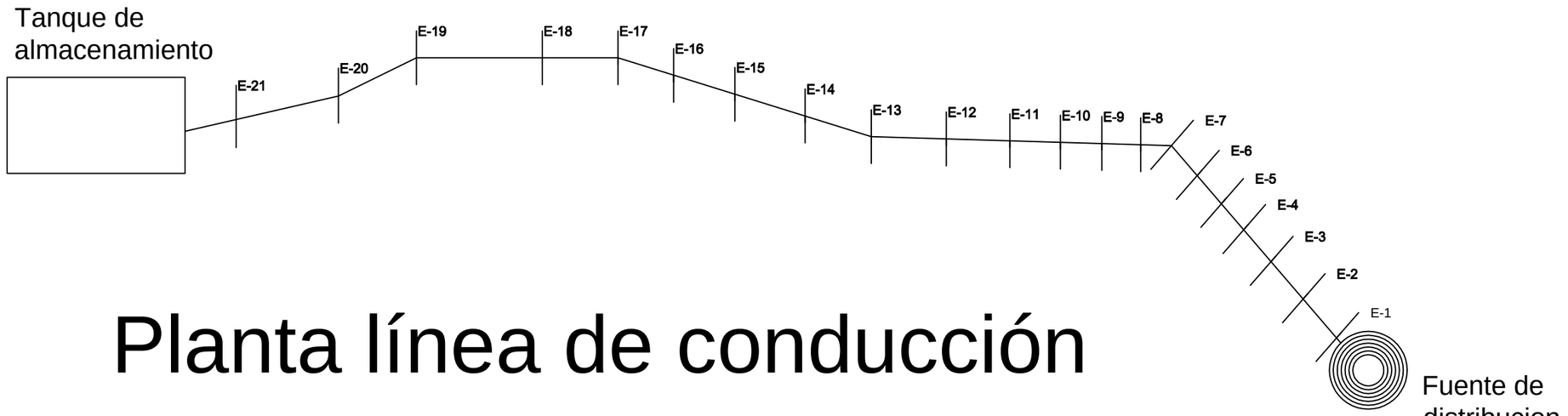
Losa de concreto armado

PERFIL DEL TANQUE DE DISTRIBUCION

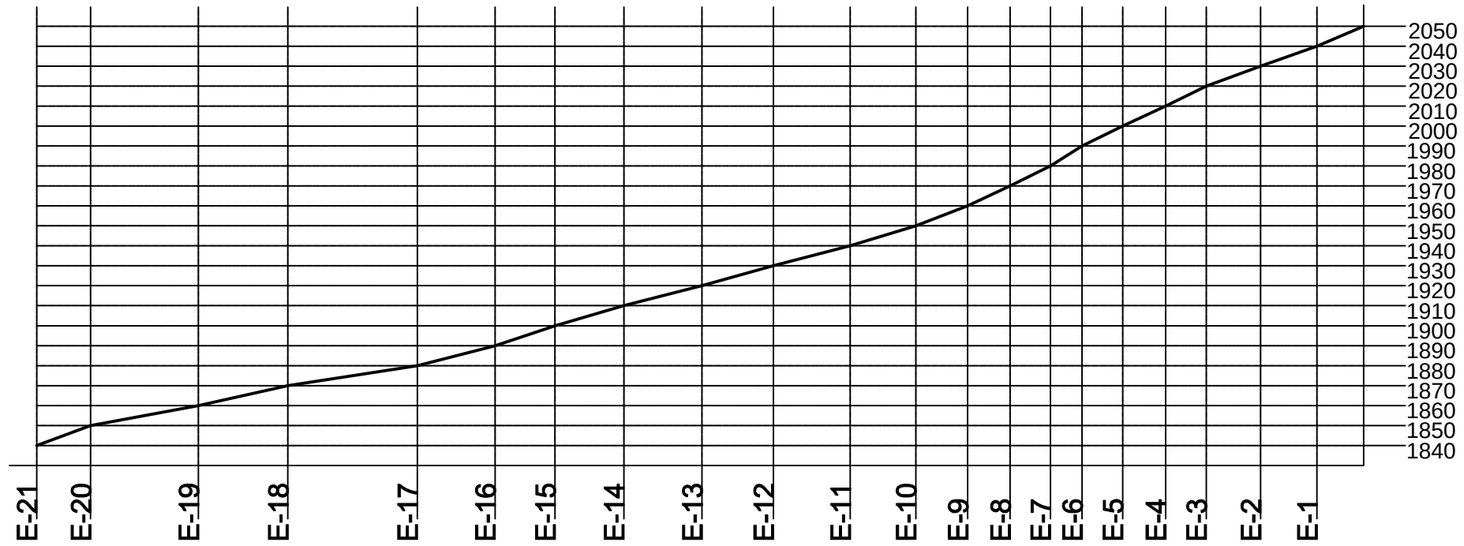


Ref 4 No.4 Grado 40
En area de confinamineto
Estribos No. 3 @ 0.20 m
Estribos No. 3 @ 0.10 m donde
no necesita confinamiento.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: 07/2021	HOJA: 6 / 12
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL		ESCALA: 1:100	
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: TANQUE DE DISTRIBUCION DISEÑO DE LOSA			Vo.Bo.



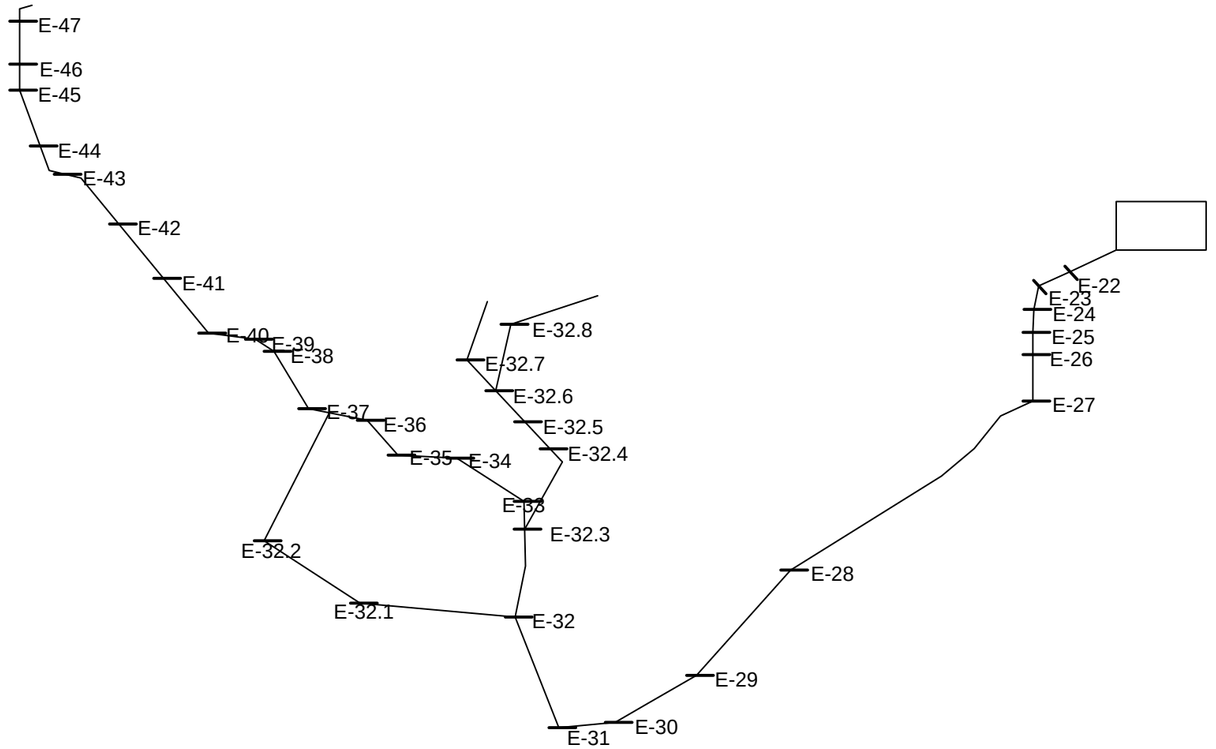
Planta línea de conducción



Perfil línea de conducción

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: 07/2021	HOJA: 7 / 12
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL		ESCALA: 1:100	
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: PLANTA Y PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN			Vo.Bo.

Hacia conexión municipal



Planta línea de conducción

Tanque de almacenamiento

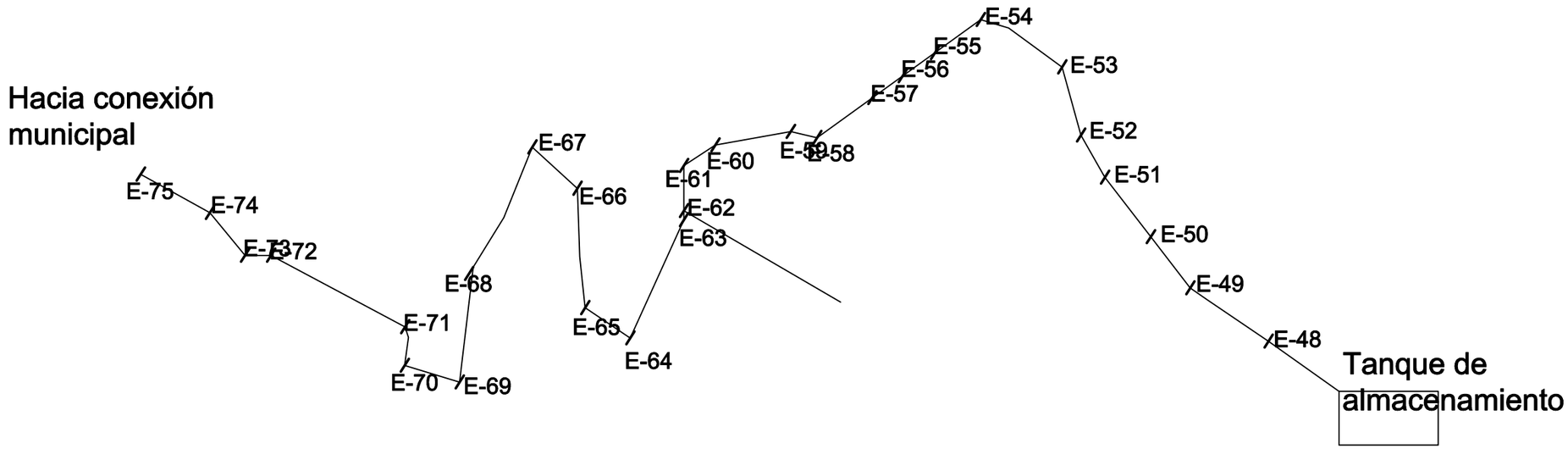
Hacia conexión municipal

Planta línea de conducción

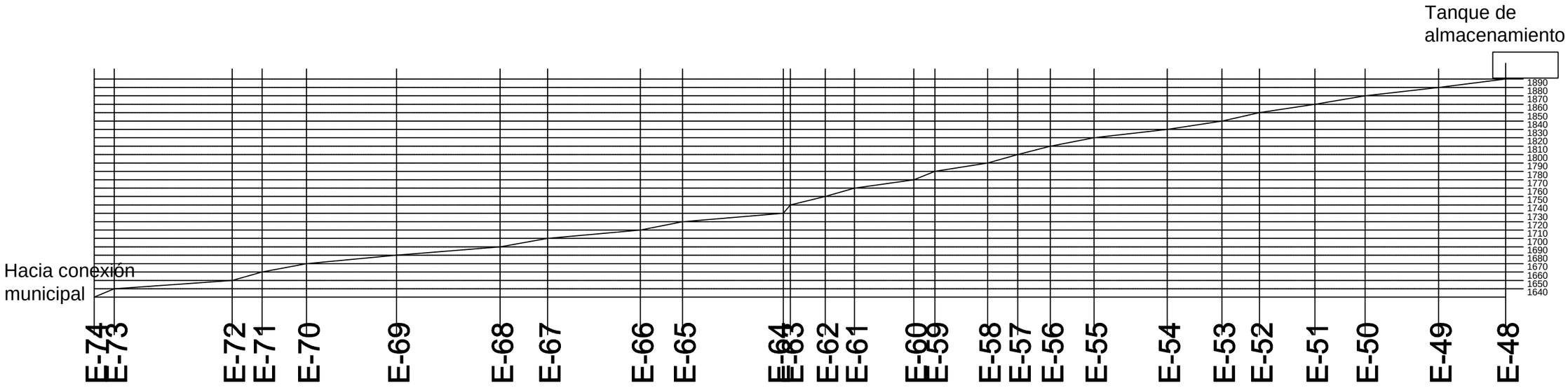
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: 07/2021
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL		ESCALA: 1:100
UBICACION: ALDEA EL PARAISO		
PLANO DE: PLANTA Y PERFIL CASERIO EL SACABASTAL		

HOJA: 8 / 12

Vo.Bo.

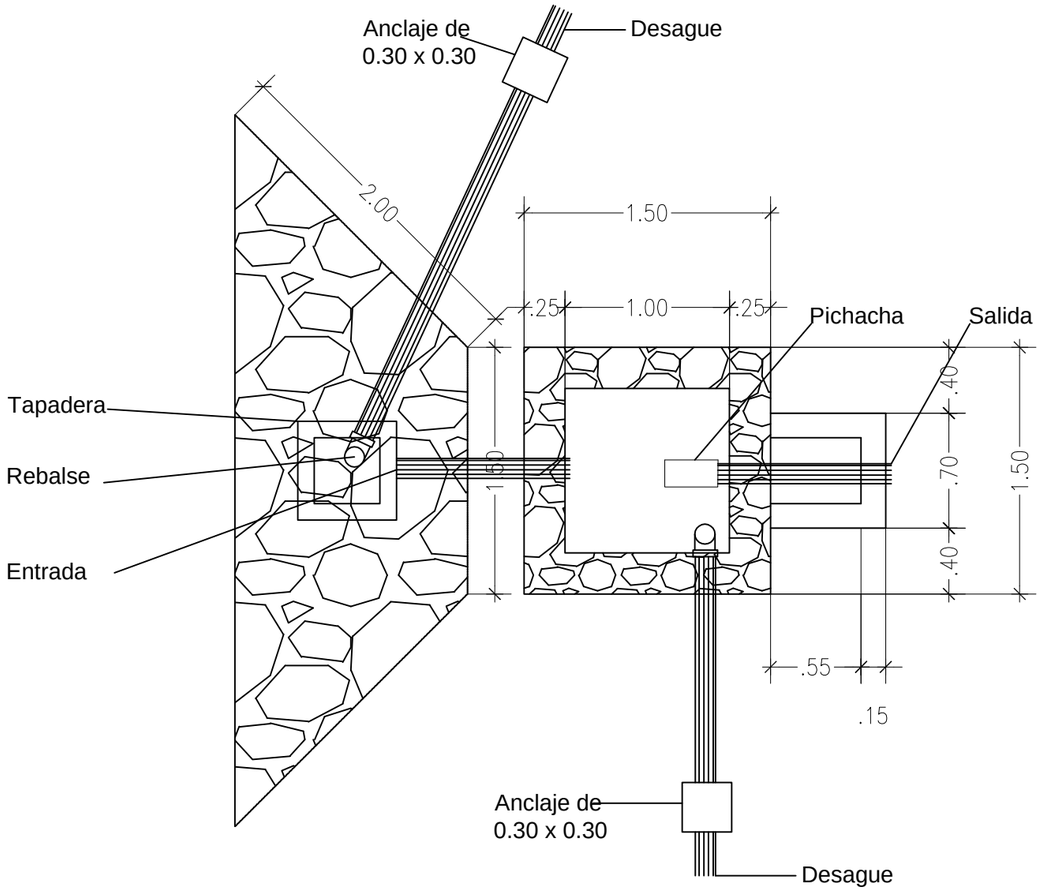


Planta línea de distribución caserío Joya Honda

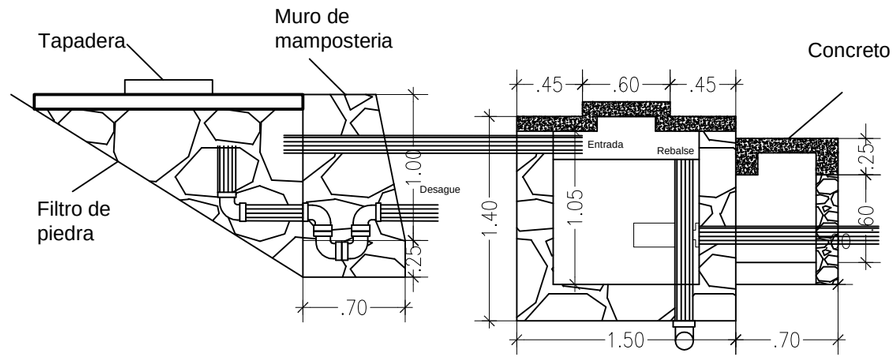


Planta línea de distribución

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: 07/2021	HOJA: 9 / 12
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL		ESCALA: 1:100	
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: PLANTA Y PERFIL CASERÍO JOYA HONDA			Vo.Bo.

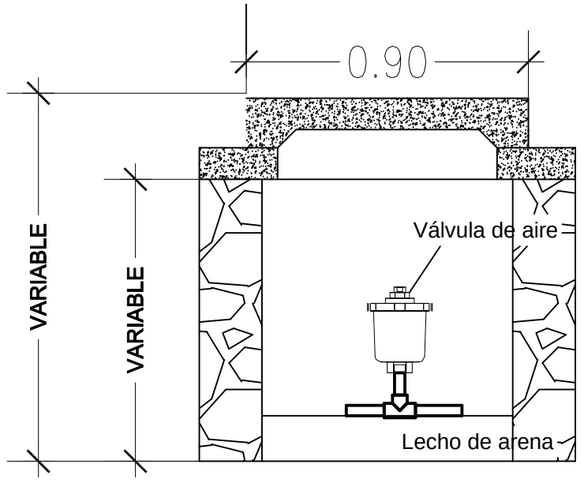


Captacion tipica planta

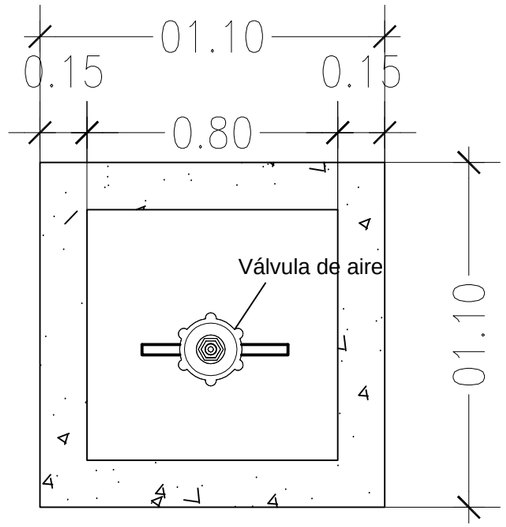


Captacion tipica perfil

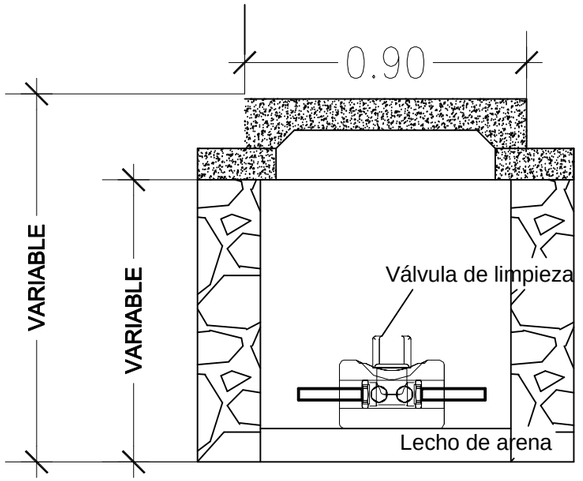
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			FECHA: 07/2021	HOJA: 10 / 12
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL			ESCALA: 1:100	
UBICACION: ALDEA EL PARAISO				
PLANO DE: CAPTACION TIPICA				Vo.Bo.



Válvula de aire perfil

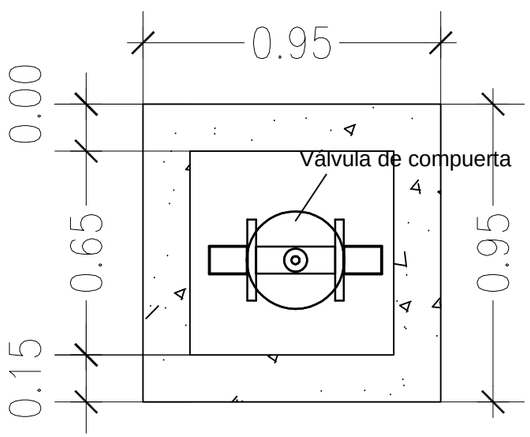


Válvula de aire planta



Válvula de limpieza

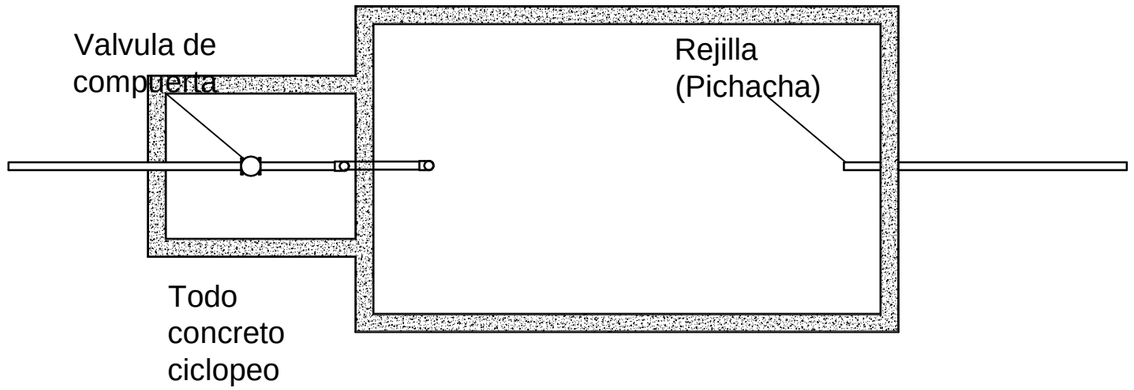
Válvula de compuerta perfil

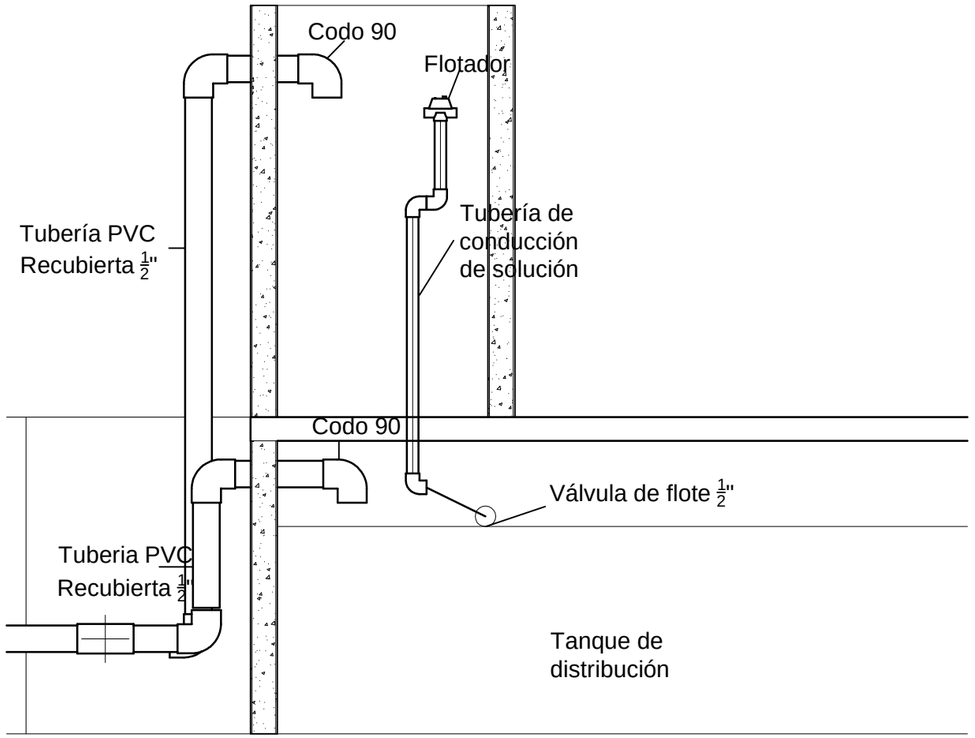


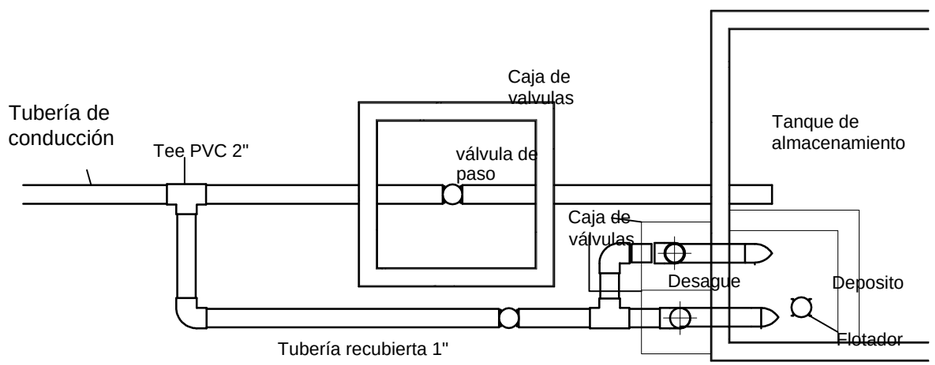
Válvula de compuerta planta

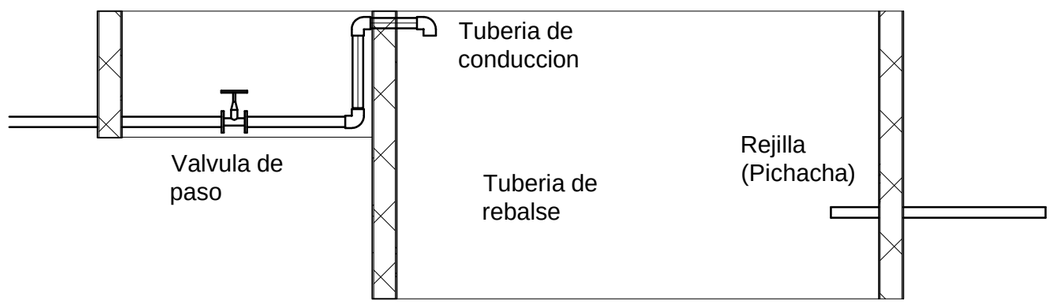
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			FECHA: 07/2021
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL			ESCALA: 1:100
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: DETALLE DE ACCESORIOS			Vo.Bo.

HOJA: 11 / 12









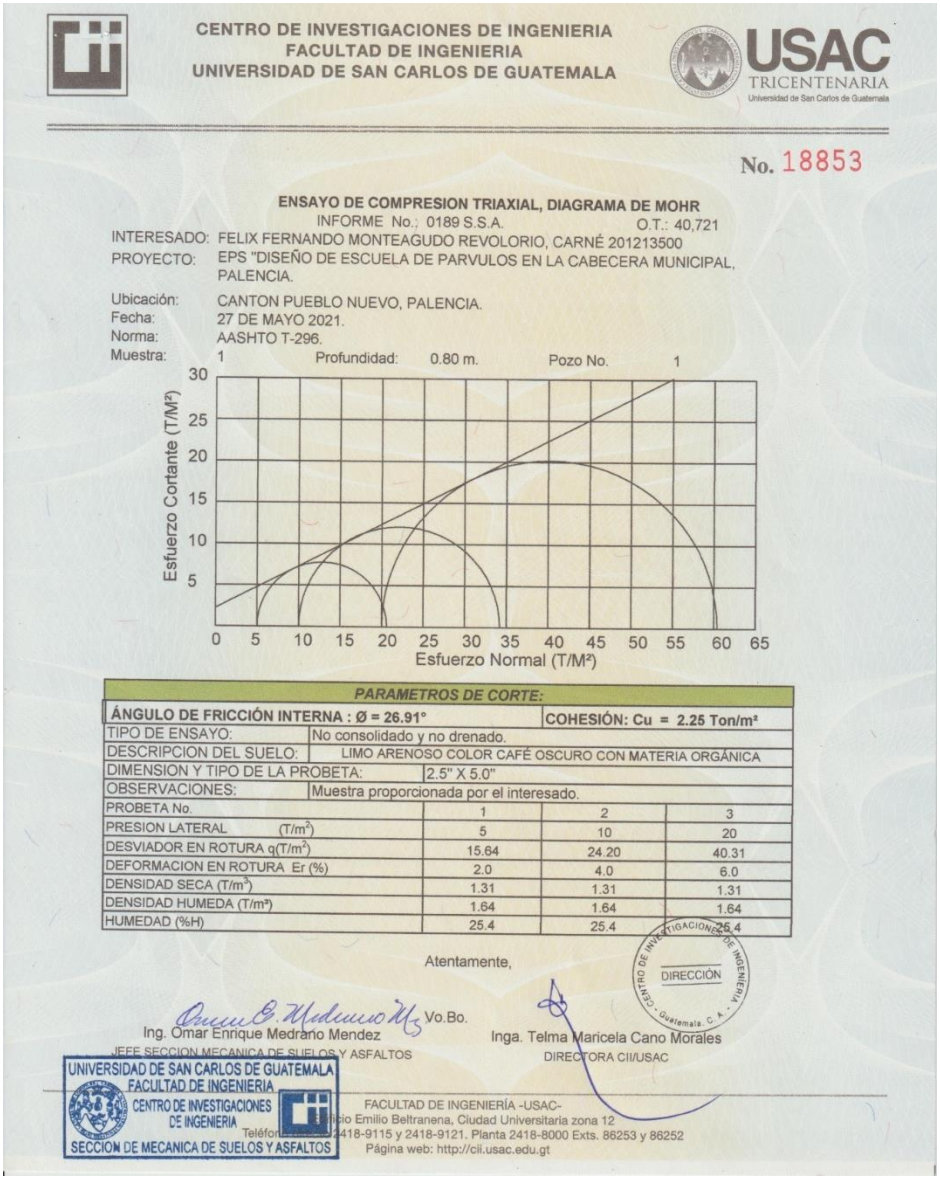
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			FECHA: 07/2021
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE LINEA DE CONDUCCION DE CASERIO JOYA HONDA A CASERIO SACABASTAL			ESCALA: 1:100
UBICACION: ALDEA EL PARAISO			
PLANO DE: DETALLE DE CLORADOR			

HOJA: 12 / 12

Vo.Bo.

ANEXOS

Anexo 1. **Resultados de estudios de mecánica de suelos**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

USAC TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

No. 18853

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0189 S.S.A. O.T.: 40,721

INTERESADO: FELIX FERNANDO MONTEAGUDO REVOLORIO, CARNÉ 201213500
PROYECTO: EPS "DISEÑO DE ESCUELA DE PARVULOS EN LA CABECERA MUNICIPAL, PALENCIA.
Ubicación: CANTON PUEBLO NUEVO, PALENCIA.
Fecha: 27 DE MAYO 2021.
Norma: AASHTO T-296.
Muestra: 1 Profundidad: 0.80 m. Pozo No. 1

PARAMETROS DE CORTE:			
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : Ø = 26.91°			COHESIÓN: Cu = 2.25 Ton/m²
TIPO DE ENSAYO:	No consolidado y no drenado.		
DESCRIPCION DEL SUELO:	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ OSCURO CON MATERIA ORGÁNICA		
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA:	2.5" X 5.0"		
OBSERVACIONES:	Muestra proporcionada por el interesado.		
PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m²)	15.64	24.20	40.31
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.0	4.0	6.0
DENSIDAD SECA (T/m³)	1.31	1.31	1.31
DENSIDAD HUMEDA (T/m³)	1.64	1.64	1.64
HUMEDAD (%H)	25.4	25.4	25.4

Atentamente,

DIRECCIÓN

Vo.Bo.
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
JEFE SECCION MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS

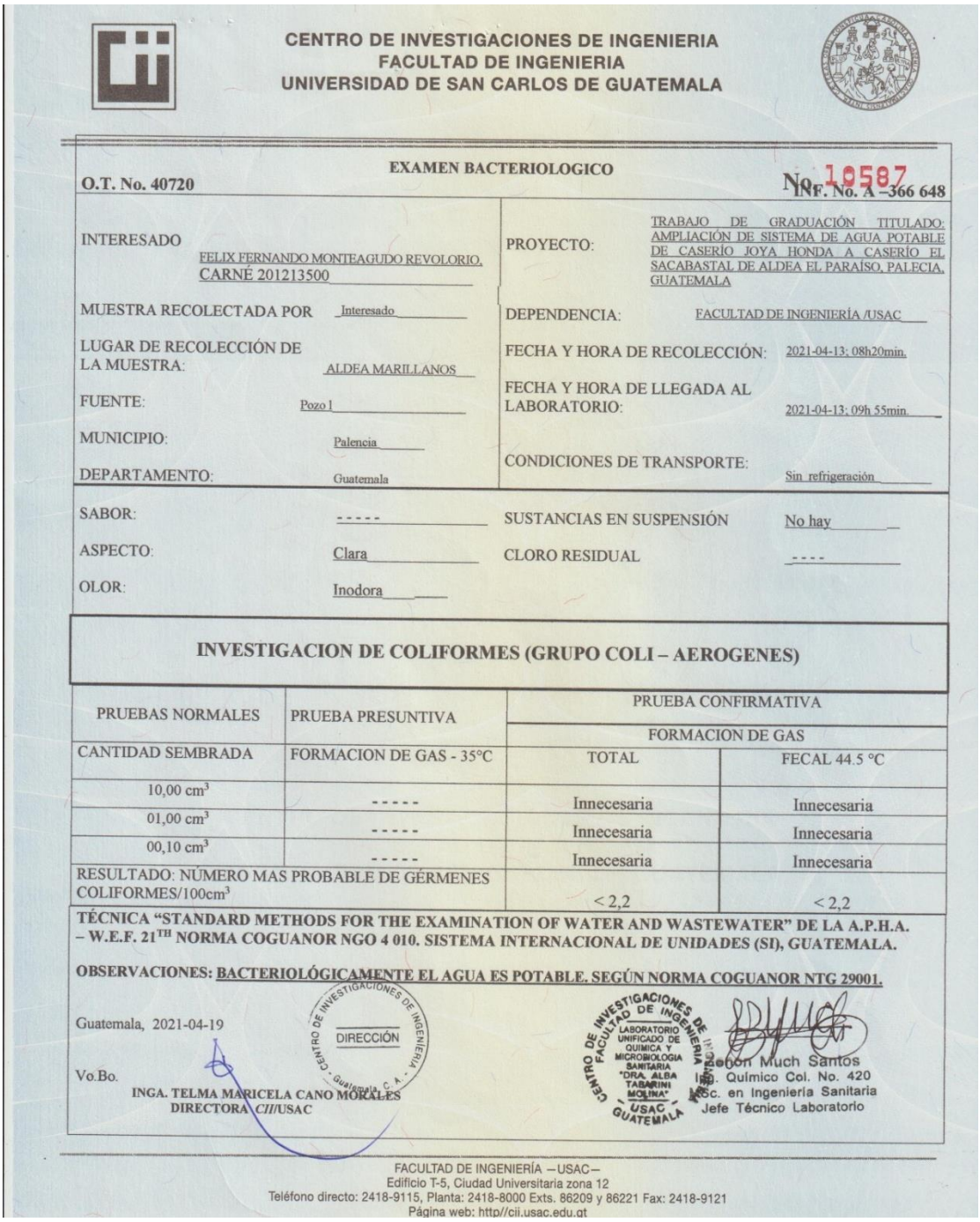
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfonos: 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Resultado de ensayo triaxial.* s/p.

Anexo 2. **Resultados de examen bacteriológico**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 40720 **No. 10587** **INF. No. A –366 648**

INTERESADO: FELIX FERNANDO MONTEAGUDO REVOLORIO, CARNÉ 201213500	PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERÍO JOYA HONDA A CASERÍO EL SACABASTAL DE ALDEA EL PARAÍSO, PALECIA, GUATEMALA
MUESTRA RECOLECTADA POR: Interesado	DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERÍA /USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: ALDEA MARILLANOS	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2021-04-13; 08h20min.
FUENTE: Pozo 1	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2021-04-13; 09h 55min.
MUNICIPIO: Palencia	CONDICIONES DE TRANSPORTE: Sin refrigeración
DEPARTAMENTO: Guatemala	
SABOR: -----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: No hay
ASPECTO: Clara	CLORO RESIDUAL: ----
OLOR: Inodora	

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	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm^3	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm^3	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm^3		< 2,2	< 2,2

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: BACTERIOLÓGICAMENTE EL AGUA ES POTABLE. SEGÚN NORMA COGUANOR NTG 29001.

Guatemala, 2021-04-19

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA – Guatemala, C. A. – DIRECCIÓN

Vo.Bo.
INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
DIRECTORA CII/USAC

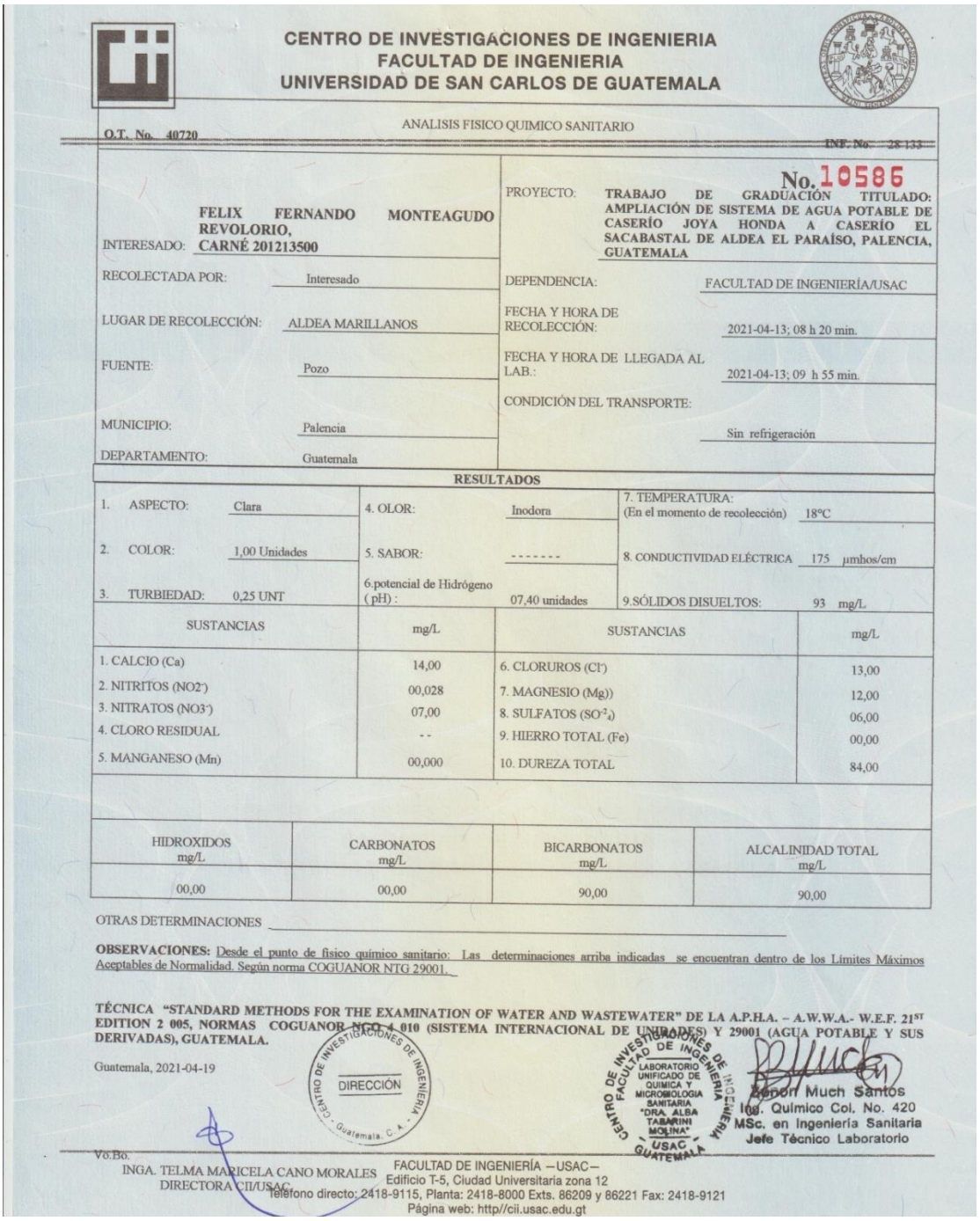
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA – FACULTAD DE INGENIERIA – LABORATORIO UNIFICADO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA "DRA. ALBA TABARINI MOLINA" – USAC – GUATEMALA

Ing. Edgar Much Santos
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//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Resultados del examen bactereológico.* s/p.

Anexo 3. **Resultados de análisis físico-químico**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO

O.T. No. 40720 — INF. No. 28 133

No. 10586

INTERESADO: FELIX FERNANDO MONTEAGUDO REVOLORIO, CARNÉ 201213500

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERÍO JOYA HONDA A CASERÍO EL SACABASTAL DE ALDEA EL PARAÍSO, PALENCIA, GUATEMALA

RECOLECTADA POR: Interesado

DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC

LUGAR DE RECOLECCIÓN: ALDEA MARILLANOS

FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2021-04-13; 08 h 20 min.

FUENTE: Pozo

FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: 2021-04-13; 09 h 55 min.

CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Sin refrigeración

MUNICIPIO: Palencia

DEPARTAMENTO: Guatemala

RESULTADOS

1. ASPECTO:	Clara	4. OLOR:	Inodora	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección)	18°C
2. COLOR:	1,00 Unidades	5. SABOR:	-------	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	175 µmhos/cm
3. TURBIEDAD:	0,25 UNT	6.potencial de Hidrógeno (pH) :	07,40 unidades	9.SÓLIDOS DISUELTOS:	93 mg/L

SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. CALCIO (Ca)	14,00	6. CLORUROS (Cl^-)	13,00
2. NITRITOS ($NO2^-$)	00,028	7. MAGNESIO (Mg))	12,00
3. NITRATOS ($NO3^-$)	07,00	8. SULFATOS (SO^{-2}_4)	06,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,00
5. MANGANESO (Mn)	00,000	10. DUREZA TOTAL	84,00

HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	90,00	90,00

OTRAS DETERMINACIONES

OBSERVACIONES: Desde el punto de físico químico sanitario: Las determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 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 COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2021-04-19

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA – DIRECCIÓN – Guatemala, C. A.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA – FACULTAD DE INGENIERIA – LABORATORIO UNIFICADO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA "DRA. ALBA TABARINI MOLINA" – USAC – GUATEMALA

Edgar Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

Vo.Bo.
INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
DIRECTORA CII/USAC

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//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Resultados del examen físico-químico.* s/p.