



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN FASE II**

**Diseño De Pavimento Flexible En La Carretera Principal De  
San Francisco De Ojuera, Santa Bárbara (2° Etapa).**

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN  
LAS COMUNIDADES DE LA VEGA Y LA PALCA, SANTA BÁRBARA.**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERÍA CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**21751102 JORGE LUIS VELÁSQUEZ PADILLA**

**20741148 SAÚL AUGUSTO BUESO REYES**

**21511222 LUIS DIEGO ARIAS SABILLÓN**

**ASESORES:**

**ING. MARIO CÁRDENAS, ING. SERGIO PAREDES, ING. OTTO FLORES**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA; JULIO, 2019**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVE REYES**

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

**DESIREE TEJADA CALVO**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICEPRESIDENTA CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA**

**JEFE ACADÉMICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**HÉCTOR WILFREDO PADILLA**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS**

**EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO**

**INGENIERO CIVIL**

**ASESOR METODOLÓGICO FASE II**

**“ING. HÉCTOR WILFREDO PADILLA”**

**ASESORES TEMÁTICO**

**“ING. MARIO CÁRDENAS, ING. SERGIO PAREDES, ING. OTTO FLORES”**

**TERNA:**

## **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2019

**JORGE LUIS VELÁSQUEZ PADILLA**

**SAÚL AUGUSTO BUESO REYES**

**LUIS DIEGO ARIAS SABILLON**

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS**

## AUTORIZACIÓN

*AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.*

Señores:

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)

San Pedro Sula, Cortés, Honduras

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Nosotros, Jorge Luis Velásquez Padilla, Saúl Augusto Bueso Reyes, Luis Diego Arias Sabillon, de San Pedro Sula, autores del trabajo de grado titulado: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA PRINCIPAL SAN FRANCISCO DE OJUERA, SANTA BARBARA (2º ETAPA) Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN LAS COMUNIDADES DE LA VEGA Y LA PALCA, SANTA BARBARA., presentado y aprobado en el año 2019, como requisito previo para optar al título de Profesional de Ingeniería Civil, autorizamos a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los -- días del mes de julio del dos mil diecinueve.

Julio, 2019

---

Jorge Luis Velásquez Padilla  
21751102

---

Saúl Augusto Bueso Reyes  
20741148

---

Luis Diego Arias Sabillón  
21511222

## HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

---

Ing. Michael Job Pineda

Asesor Metodológico UNITEC – Fase I

---

Ing. Mario Cárdenas

Asesor Temático UNITEC

---

Ing. Sergio Paredes

Asesor Temático UNITEC

---

Ing. Otto Flores

Asesor Temático UNITEC

---

Ing. Allan Castellanos

Coordinador de Terna

---

Ing. Ángel Funez

Miembro de Terna

---

Ing. José Velásquez

Miembro de Terna

---

Ing. Héctor Padilla

Jefe Académico de Ingeniería Civil

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este logro a Dios en primer lugar, que me ha dado las fuerzas y la sabiduría para poder alcanzar esta meta. También a mis amados padres Pedro Pablo y Marlene Elizabeth que con su apoyo y consejo me han acompañado en esta etapa de mi vida. A mis hermanos Thania, Pablo y Paola y al resto de mi familia que siempre han sido un ejemplo y una motivación para mí. También a cada uno de los catedráticos que me han ayudado y transmitido sus conocimientos para formarme como profesional en el campo de la Ingeniería Civil.

**Jorge Velásquez**

En primera instancia quisiera dedicar este trabajo a mis padres, ambos siendo mi mayor inspiración en la vida, Margarita y Wilsson Saúl. A todos mis familiares y amistades cercanas que me han brindado sabios consejos en esta etapa de mi vida. También dedicarle a Dios este logro por lo bueno y malo sucedido a lo largo de mis años, que bendiga los años por venir y los proyectos que serán para crecimiento profesional. A mis compañeros a lo largo de mi carrera que han sido fuentes de conocimiento y experiencias que me servirán en los años que vienen.

**Saúl Bueso**

En primer lugar, dedicarle este trabajo a Dios por ser él en darme sabiduría y entendimiento en mis días de mucha dificultad. Dedicar este triunfo a los pilares de mi vida, Fernan Arias y Danelia Sabillón, por el cual sin el esfuerzo que día a día hacen no estuviese a esta altura del plano; a mis colegas de la carrera, por aportar su granito de arena, por la motivación, por las horas dedicadas en grupo para un logro positivo en las clases, a mi hermano Fernan Arias por ser mi guía en los primeros dos años de universidad y por supuesto, a mi novia María Fernanda Lara por dedicar su tiempo y aportación mutuo en mi transcurso de la vida universitaria que al final será de mucha beneficencia para ambos.

**Luis Arias**

## **AGRADECIMIENTOS**

Como grupo queremos agradecer a Dios, en primer lugar, por permitirnos culminar con éxito esta etapa de nuestras vidas.

También agradecemos a la Municipalidad de San Francisco de Ojuera por toda su colaboración y apoyó durante la realización de este proyecto de graduación previo a la obtención de nuestro título de Ingeniería Civil.

Igualmente agradecer a los catedráticos de la facultad de Ingeniería Civil, asesores temáticos y asesores metodológicos por brindarnos la mejor educación compartiendo sus conocimientos con nosotros y por ser nuestra guía durante cada una de las etapas de este proyecto.

Por último, nos gustaría dar un agradecimiento especial al ingeniero Michael Pineda por su acompañamiento en este proceso y a UNITEC, la institución que nos ha formado, a todo su personal y docentes.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Propuesta de diseño de pavimentación asfáltica en la carretera principal que conduce al casco urbano del municipio de San Francisco de Ojuera, diseño de pavimentación hidráulica y alcantarillado sanitario en las aldeas de La Vega y La Palca, San Francisco de Ojuera, Santa Barbara. Gracias a la gestión de la alcaldía de San Francisco de Ojuera a través de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), se coordinó la realización de estos proyectos.

El proyecto de pavimentación asfáltica de la carretera principal hacia San Francisco de Ojuera, en su segunda etapa, que comprende del desvío de Pito Solo, hasta el puente sobre el Rio Grande de Otoro, ubicada en una zona rural de terreno montañoso con una longitud total de 5.2 km diseñada con espesores de 0.05 m de carpeta asfáltica, 0.10 m de base granular y 0.25 m de subbase granular.

Los proyectos de pavimentación hidráulica y alcantarillado sanitario en la aldea La Vega, ubicados en su calle principal, con una longitud total de 305 m. Estructura de concreto hidráulico con espesores de 0.13 m de carpeta hidráulica y 0.25 m de subbase granular con pasadores de carga entre losas.

Así mismo, los proyectos de pavimentación hidráulica y alcantarillado sanitario en la aldea La Palca, ubicados también en su calle principal, con una longitud total de 270 m. Estructura de concreto hidráulico con espesores de 0.11 m de carpeta hidráulica y 0.15 m de subbase granular sin pasadores de carga entre losas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción .....	1
II.	Planteamiento del Problema.....	2
	2.1 Precedentes del Problema.....	2
	2.2 Definición del Problema.....	4
	2.2.1 Enunciado del Problema.....	4
	2.2.2 Formulación del Problema .....	5
	2.3 Justificación.....	5
	2.5 Objetivos .....	7
	2.5.1 Objetivo General .....	7
	2.5.2 Objetivos Específicos .....	7
III.	Marco Teórico.....	8
	3.1 Análisis de la Situación Actual .....	8
	3.1.1 Análisis del Macro Entorno.....	9
	3.1.2 Análisis del Micro Entorno .....	22
	3.2 TEORÍAS DE SUSTENTO .....	24
	3.2.1 Pavimento Flexible.....	25
	3.2.2 Pavimento Rígido .....	30
	3.2.3 Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).....	39
	3.3 Marco Conceptual .....	44
	3.4 Marco Legal .....	54
	3.4.1 Ley y Reglamento de Municipalidades .....	54

3.4.2 Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento .....	54
IV.    Metodología .....	55
4.1 Enfoque .....	55
4.2 Variables de Investigación .....	55
4.2.1. Diagrama de las Variables de Operacionalización .....	58
4.2.2 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN .....	61
4.3. Técnicas e Instrumentos Aplicados .....	64
4.3.1 Instrumentos .....	64
4.3.2 Técnicas .....	75
4.4 Materiales .....	77
4.5 Metodología de Estudio.....	78
4.5.1 Tipo de Diseño .....	78
4.6 Cronograma de Actividades .....	80
5.1.1 Ubicación del proyecto.....	81
5.1.2 Levantamiento topográfico.....	81
5.1.3 Análisis del suelo.....	82
5.1.4 Criterios de diseño.....	90
5.1.4.2 Calculo de peraltes estructurales según AASHTO 93.....	92
5.1.5 Volúmenes de Corte y Relleno.....	96
5.1.6 Categorización ambiental .....	97
5.2 La Vega .....	97
5.2.1 Ubicación del proyecto.....	97

5.2.2 Levantamiento Topográfico .....	98
5.2.3 Análisis del suelo.....	99
5.2.5 Calculo de peraltes estructurales .....	113
5.2.6 Categorización ambiental .....	121
5.2.7 Diseño Alcantarillado Sanitario .....	122
5.3 La Palca .....	133
5.3.1 Ubicación del proyecto.....	133
5.3.2 Levantamiento Topografía .....	134
5.3.3 Análisis del suelo.....	134
5.3.5 Calculo de peraltes estructurales .....	150
5.3.6 Categorización ambiental .....	155
5.3.7 Diseño Alcantarillado Sanitario .....	156
VI. Conclusiones .....	228
VII. Recomendaciones .....	230
VIII. Bibliografía .....	232
IX. Anexos .....	234
ANEXO 1. Levantamiento Topográfico .....	234
ANEXO 1. NORMA ASTM C 136 .....	1
ANEXO 2. ASTM D4318-5.....	4
ANEXO 3. AASHTO 93.....	7

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Puente Provisional tipo Bailey Sobre el Río Grande de Otoro.....	2
Ilustración 2. Calle con Enchapado de Piedras .....	3
Ilustración 3. Escorrentía de Aguas Residuales.....	4
Ilustración 4. Grafica de la calidad de carreteras en américa latina.....	9
Ilustración 5. Diseño de estructuras INVÍAS.....	14
Ilustración 6. Corredores viales de Honduras.....	22
Ilustración 7. Espesores de pavimento.....	24
Ilustración 8. Nomograma de diseño para pavimentos flexibles.....	26
Ilustración 9. Espesores en pulgadas requeridos para concreto asfaltico y bases granulares. ....	28
Ilustración 10. Procedimiento para determinar los espesores de las distintas capas. ....	29
Ilustración 11. Tabla para estimar el módulo de reacción efectivo de la rasante.....	30
Ilustración 12. Valores de LS. ....	31
Ilustración 13. Carta para modificar el módulo de reacción de la subrasante. ....	33
Ilustración 14. Carta para estimar el módulo de reacción compuesto de la subrasante.....	33
Ilustración 15. Carta para estimar el deterioro relativo de un pavimento rígido.....	34
Ilustración 16. Correcciones del módulo de reacción efectivo de la subrasante.....	35
Ilustración 17. Coeficientes de drenaje.....	37
Ilustración 18. Carta de diseño para pavimentos rígidos.....	37
Ilustración 19. Continuación ilustración 18. ....	38
Ilustración 20. Esquema de relleno de tuberías.....	43
Ilustración 21. Estación Total Trimble M3.....	64
Ilustración 22. Prisma "Trimble Style RTS/RPT" 360 robótica 2mm. ....	65

Ilustración 23. Cinta métrica COBRA metálica 7.5 Mts. ....	66
Ilustración 24. Cinta métrica TRUPER fibra de vidrio 100.00 Mts. ....	66
Ilustración 25. Copa de Casagrande. ....	67
Ilustración 26. Horno. ....	67
Ilustración 27. Pala. ....	68
Ilustración 28. Tara Metálica ....	68
Ilustración 29. Balanza Electrónica. ....	69
Ilustración 30. Juego de tamices. ....	69
Ilustración 31. Mazo de goma. ....	70
Ilustración 32. GPS Garmin Dakota 10. ....	70
Ilustración 33. Cuchara. ....	71
Ilustración 34. Agitador Mecánico. ....	72
Ilustración 35. Bandeja. ....	72
Ilustración 36. Almagana TRUPER. ....	73
Ilustración 37. SewerUp. ....	73
Ilustración 38. Microsoft excel. ....	74
Ilustración 39. Autodesk civil 3D. ....	74
Ilustración 40. Colectora Trimble nomad 900. ....	75
Ilustración 43. Curva granulométrica. ....	86
Ilustración 44. Clasificación del primer estrato según SUCS. ....	86
Ilustración 45. Curva de fluidez. ....	88
Ilustración 46. Carta de clasificación de suelos (SUC). ....	89
Ilustración 47. Resultados ensayo CBR. ....	90

Ilustración 48. Nivel de confiabilidad .....	92
Ilustración 49. Desviación estándar.....	93
Ilustración 50. Índice de serviciabilidad.....	93
Ilustración 51. Desviación estándar total .....	94
Ilustración 52. Coeficiente estructural de capa asfáltica .....	94
Ilustración 53. Datos para el diseño.....	95
Ilustración 54. Resultado del cálculo de capas estructurales .....	95
Ilustración 55. Factores de abundamiento por tipo de material.....	96
Ilustración 56. Ubicación La Vega.....	97
Ilustración 57. Ubicación de calle a diseñar en La Vega.....	98
Ilustración 58. Curva granulométrica.....	103
Ilustración 59. Clasificación del primer estrato según SUCS.....	103
Ilustración 61. Determinación del D10.....	104
Ilustración 62. Determinación del D30.....	104
Ilustración 63. Determinación del D60.....	104
Ilustración 64. Determinación de los coeficientes de uniformidad y curvatura.....	105
Ilustración 65. Clasificación del segundo estrato según SUCS.....	105
Ilustración 66. Curva de fluidez primer estrato.....	107
Ilustración 67. Curva de fluidez primer estrato.....	110
Ilustración 68. Correlación aproximada entre clasificación de los suelos y los diferentes ensayos. .....	112
Ilustración 69. Parámetros del diseño.....	114
Ilustración 70. Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k.....	114

Ilustración 71. Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulico.....	115
Ilustración 72. Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulico.....	116
Ilustración 73. Factor de erosión para ejes sencillos. Pavimentos de concreto hidráulico con dovelas y sin hombros de concreto hidráulico.....	117
Ilustración 74. Factor de erosión para ejes Tándem. Pavimentos de concreto hidráulico con dovelas y sin hombros de concreto hidráulico. ....	118
Ilustración 75. Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto.....	119
Ilustración 76. Análisis de erosión. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos sin hombros de concreto hidráulico.....	120
Ilustración 77. Resultados análisis por fatiga y erosión.....	121
Ilustración 78. Tabla resumen categorización ambiental pavimentación hidráulica aldea La Vega. ....	121
Ilustración 79. Gráfico de Formula de Manning.....	127
Ilustración 80. Gráfico de fórmula de Manning.....	127
Ilustración 81. Gráfica fórmula de Manning.....	128
Ilustración 82. Aldea La Vega elaborado en SewerUp.....	129
Ilustración 83. Grafica del banano. ....	129
Ilustración 84. Ubicacion Aldea La Palca. ....	133
Ilustración 85. Ubicación Calle a diseñar en aldea La Palca. ....	133
Ilustración 86. Curva granulométrica.....	139
Ilustración 87. Clasificación del primer estrato según SUCS. ....	139
Ilustración 93. Curva de fluidez primer estrato.....	143
Ilustración 94. Curva de fluidez primer estrato.....	146

Ilustración 95. Correlación aproximada entre clasificación de los suelos y los diferentes ensayos. .....	148
Ilustración 96. Parámetros del diseño. ....	150
Ilustración 97. Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k. ....	151
Ilustración 98. Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulico.....	151
Ilustración 99. Factor de erosión para ejes sencillos. Pavimentos de concreto hidráulico sin dovelas y sin hombros de concreto hidráulico. ....	152
Ilustración 100. Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto. ....	153
Ilustración 101. Análisis de erosión. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos sin hombros de concreto hidráulico. ....	154
Ilustración 102. Resultados análisis por fatiga y erosión. ....	155
Ilustración 103. Tabla resumen categorización ambiental pavimentación hidráulica aldea La Palca. .....	155
Ilustración 104. Gráfica de Formula de Manning.....	181
Ilustración 105. Gráfica de fórmula de Manning.....	181
Ilustración 106. Gráfica fórmula de Manning.....	182
Ilustración 107. Aldea La Vega elaborado en SewerUp. ....	182
Ilustración 108. Gráfica del banano.....	183
Ilustración 109. Categorización ambiental alcantarillado sanitario aldea La Palca. ....	185

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. Volúmenes de tráfico vehicular.....	11
Tabla 3. Valor de la desviación estándar.....	25
Tabla 4. Testigos permitidos según valor Z.....	36
Tabla 5. Variables de operacionalización.....	56
Tabla 6. Variables de Operacionalización.....	57
Tabla 7. Diagrama de variables de operacionalización.....	59
Tabla 8. Diagrama de las variables de Operacionalización La Vega/La Palca.....	60
Tabla 9. Diagrama de las variables de operacionalización.....	61
Tabla 10. Diagrama de las variables de operacionalización.....	63
Tabla 11. Resultados Granulometría SFO.....	83
Tabla 12. Determinación del D10.....	84
Tabla 13. Determinación del D30.....	84
Tabla 14. Determinación del D60.....	84
Tabla 15. Resumen de limite líquido.....	87
Tabla 16. Resultados limite plástico.....	89
Tabla 17. Parámetros de diseño.....	91
Tabla 18. Configuración del tráfico en carretera de acceso a San Francisco de Ojuera.....	91
Tabla 19. Ejes equivalentes (ESAL).....	91
Tabla 20. Especificaciones adecuadas de F'c.....	95
Tabla 21. Parámetros de diseño.....	96
Tabla 22. Diseño de espesores.....	96
Tabla 23. Análisis granulométrico primer estrato La Vega.....	100

Tabla 24. Determinación del D10.....	101
Tabla 25. Determinación del D30.....	101
Tabla 26. Determinación del D60.....	101
Tabla 27. Resumen de limite líquido.....	107
Tabla 28. Resumen limite plástico primer estrato. ....	108
Tabla 29. Resumen Limite plástico segundo estrato. ....	109
Tabla 30. Resumen limite plástico segundo estrato. ....	110
Tabla 31. Parámetros de diseño. ....	112
Tabla 32. Configuración del tráfico en La Vega.....	113
Tabla 33. Ejes equivalentes (ESAL).....	113
Tabla 34. Interpolación para Subbase de 250mm de espesor.....	115
Tabla 35. Resultados alcantarillado La Vega.....	130
Tabla 36. Tabla resumen categorización ambiental alcantarillado sanitario aldea La Vega. ....	132
Tabla 37. Análisis granulométrico primer estrato La Palca. ....	136
Tabla 38. Determinación del D10.....	137
Tabla 39. Determinación del D30.....	137
Tabla 40. Determinación del D60.....	137
Tabla 41. Resumen de limite líquido.....	143
Tabla 42. Resumen limite plástico primer estrato. ....	144
Tabla 43. Resumen Limite plástico segundo estrato. ....	146
Tabla 44. Resumen limite plástico segundo estrato. ....	147
Tabla 45. Parámetros de diseño. ....	149
Tabla 46. Configuración del tráfico en La Vega.....	149

Tabla 47. Ejes equivalentes (ESAL).....	150
Tabla 48. Resultado alcantarillado sanitario La Palca.....	183

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2. Módulo Resiliente .....	12
Ecuación 3. Numero Estructural .....	13
Ecuación 4. Factor de crecimiento.....	15
Ecuación 5. Trafico de Diseño .....	15
Ecuación 6. Población futura. ....	20
Ecuación 7. Caudal medio.....	20
Ecuación 8. Formula Hazen-Williams.....	21
Ecuación 9. Caudal.....	21
Ecuación 10. Numero estructural.....	27
Ecuación 11. Numero estructural.....	28
Ecuación 12. Módulo Resiliente.....	32
Ecuación 13. Promedio estimado del valor del módulo de rotura.....	35
Ecuación 14. Caudal de diseño. ....	40
Ecuación 15. Caudal doméstico.....	40
Ecuación 16. Factor de Harmon.....	40
Ecuación 17. Interpolación para encontrar el D10, D30 y D60 .....	84
Ecuación 18. Coeficiente de uniformidad. ....	85
Ecuación 19. Coeficiente de curvatura. ....	85
Ecuación 20. Determinación de los coeficientes de Uniformidad y Curvatura.....	85
Ecuación 21. Peso retenido .....	99
Ecuación 22. Peso retenido acumulado.....	99
Ecuación 23. Porcentaje que pasa por cada tamiz.....	100

Ecuación 24. Porcentaje de error. ....	100
Ecuación 25. Interpolación para encontrar el D10, D30 y D60.....	101
Ecuación 26. Coeficiente de uniformidad.....	102
Ecuación 27. Coeficiente de curvatura.....	102
Ecuación 28. Determinación de los coeficientes de Uniformidad y Curvatura. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Ecuación 29. Determinación de CBR.....	111
Ecuación 30. Peso retenido.....	135
Ecuación 31. Peso retenido acumulado.....	135
Ecuación 32. Porcentaje que pasa por cada tamiz.....	135
Ecuación 33. Porcentaje de error.....	136
Ecuación 34. Interpolación para encontrar el D10, D30 y D60.....	137
Ecuación 35. Coeficiente de uniformidad.....	138
Ecuación 36. Coeficiente de curvatura.....	138
Ecuación 37. Determinación de los coeficientes de Uniformidad y Curvatura.....	138
Ecuación 38. Determinación de CBR.....	148

## I. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo socioeconómico de cualquier aldea, comunidad o ciudad las vías de comunicación terrestres y la implementación de sistemas de alcantarillado sanitario resultan de suma importancia, debido a que estas en un estado favorable, elevan la calidad de vida de sus habitantes influyendo de una manera positiva en la economía local, pues permiten una comunicación, un tránsito vehicular más fluido y contribuyen en la reducción de las enfermedades producto del manejo y tratamiento correcto de sus aguas residuales.

San Francisco de Ojuera, así como muchos otros municipios de Honduras, es un lugar que ha visto frenado su desarrollo al estar apartado de las grandes ciudades del país, limitando esto a que su economía se base principalmente en la agricultura. Debido al interés y la necesidad de sus habitantes, se ha decidido llevar a cabo el siguiente proyecto cuya finalidad es diseñar la pavimentación flexible de un tramo carretero de 5.2 kilómetros que conecte el municipio de San Francisco de Ojuera, con la carretera secundaria de Pito Solo, que conduce a Santa Bárbara, Santa Bárbara. Así como también el diseño de pavimentación hidráulica y alcantarillado sanitario en calles de 270 mts y 280 mts de longitud en los cascos urbanos de las comunidades de La Vega y La Palca, respectivamente. Esto permitirá tener un acceso y un manejo de las aguas residuales adecuado que facilite la circulación vehicular beneficiando el desarrollo de la zona y las comunidades aledañas promoviendo la integración y también el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores tanto en salubridad como en el aspecto social. Además, contribuirá en fomentar el desarrollo del municipio al impulsar la capacidad productiva de la zona, especialmente el potencial de importantes actividades agrícolas y turísticas. Las reducciones de los costos logísticos de transporte también promoverán el intercambio comercial y la movilización de un mayor número de usuarios de los municipios vecinos.

Los diseños y análisis de las estructuras de pavimento flexible, pavimento rígido y sistema de alcantarillado sanitario se realizarán aplicando las normativas, y con fundamentos basados en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, el manual de SOPTRAVI de carreteras, las normas de calidad AASHTO, la Ley de Comunicación Terrestre y las normas de diseño para alcantarillado sanitario del SANAA.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la finalidad de dimensionar las problemáticas en el municipio de San Francisco de Ojuera en cuanto al desarrollo de sus vías de comunicación terrestres e implementación de alcantarillado sanitario, a continuación, se exponen los precedentes de los problemas, su formulación, justificación, preguntas de investigación y los objetivos de los mismos para el desarrollo metodológico de este documento.

### 2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

San Francisco de Ojuera es un municipio ubicado en el departamento de Santa Bárbara – Honduras, su cabecera municipal lleva el mismo nombre. Limita con los municipios de Concepción del Sur (norte), el departamento de Intibucá (sur), con el municipio de San Pedro Zacapa (este) y al oeste con el departamento de Lempira y los municipios de Ceguaca y Santa Rita. (EcuRed contributors, 2015)

La carretera que conduce al casco urbano del municipio de San Francisco de Ojuera actualmente es una red terciaria de terracería que se comunica con la red secundaria que conduce del desvío de Pito Solo hacia Santa Bárbara, Santa Bárbara, de la cual cabe mencionar que ya se realizó un diseño de pavimento flexible del tramo que va desde el casco urbano de San Francisco de Ojuera hasta el puente sobre el río Grande de Otoro, que comprende 3.1 km de los 8.3 km totales.

San Francisco de Ojuera, actualmente cuenta con un puente “provisional” de armadura metálica tipo Bailey sobre el río Grande de Otoro (v. *Ilustración 1*), que conecta los dos tramos de la carretera de terracería que va desde la red secundaria hasta la cabecera municipal.



**Ilustración 1. Puente Provisional tipo Bailey Sobre el Río Grande de Otoro.**

Fuente: (Propia)

La aldea la Palca, cuenta con tramos pavimentados de concreto hidráulico y enchapado de piedras (v. *Ilustración 2*) solo en un 50% de la totalidad de sus calles. Dichas obras fueron realizadas por los mismos habitantes de la comunidad hace 11 años. La aldea además carece de un sistema de alcantarillado sanitario que garantice el manejo y tratamiento de sus aguas residuales de manera adecuada.

Calle enchapada construida mayormente para fácil acceso a la iglesia situada en la zona, construida por los vecinos hace 11 años



**Ilustración 2. Calle con Enchapado de Piedras**

Fuente: (Propia)

Debido a la ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario, los pobladores de la comunidad han optado por descargar sus aguas residuales en las calles, razón que junto con las escorrentías han dañado en gran medida el pavimento existente, además, provocando la contaminación del suelo y exponiendo a sus pobladores a posibles enfermedades. Sumado a esto, su calle principal ya pavimentada sufre daños en aproximadamente un 20% de su totalidad debido a una quebrada de invierno que ha causado problemas de socavación y deterioro en los costados de la misma.

Por otro lado, la aldea La Vega, tampoco cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario y carece de calles pavimentadas en su totalidad. Las aguas residuales al igual que en la aldea La Palca, son descargadas en las calles provocando incomodidad entre sus pobladores por el mal olor y la exposición a posibles enfermedades (v. *Ilustración 3*).



**Ilustración 3. Escorrentía de Aguas Residuales**

Fuente: (Propia)

## **2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Con los precedentes mencionados anteriormente ya en contexto, se procede a enunciar los problemas y la formulación de los mismos. Esto permitirá un mayor enfoque con respecto al planteamiento de las problemáticas que se pretenden resolver con la ejecución de estos proyectos de ingeniería.

### **2.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

“El municipio de San Francisco de Ojuera, se ve en la necesidad de rehabilitar la vía de acceso principal hacia el municipio con un diseño de pavimento asfáltico adecuado que facilite el tráfico vehicular.”

“La aldea La Palca, no goza de un sistema de alcantarillado sanitario que permita el manejo adecuado de sus aguas residuales y sufre en un 50% la falta de accesos pavimentados adecuados que ayuden al incremento de su desarrollo.”

“Aldea La Vega, esta privada de vías pavimentadas en su totalidad y de un sistema de alcantarillado sanitario que contribuya a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.”

### 2.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Con que características geométricas y estructurales deberá contar el diseño de pavimentación del segundo tramo de la carretera principal hacia el municipio de San Francisco de Ojuera, delimitado desde el puente sobre el Río Grande de Otoro, hasta el desvío de Pito Solo?

En las aldeas de La Palca y La Vega, ¿Cuáles serían los diseños óptimos requeridos para el sistema de alcantarillado sanitario y la pavimentación hidráulica de sus calles principales?

### 2.3 JUSTIFICACIÓN

Existe la necesidad y el alto interés de los habitantes del municipio en tener un acceso pavimentado que les permita transportar los productos agrícolas desde sus aldeas hasta las ciudades principales del país con facilidad y que también brinde comodidad a sus usuarios para así poder atraer turismo a la zona, ya que cuentan con numerosas atracciones naturales y arqueológicas como:

- Las Cuevas de Malera, en La Vega.
- Montaña Verde, área protegida, en La Vega.
- Aguas termales Gualcarque.
- Antiguas ruinas del pueblo, Vestigios datan de 1650.
- Primera casa del pueblo frente al parque central, en San Francisco.
- Iglesia católica que data del año 1748, en San Francisco.
- Puente de Molo que data del año 1800.
- Puente del diablo en El Pilón.
- Los Lajones, en La Vega.
- Catarata de La Chorrera, en La Chorrera.
- Pequeña Catarata La Chorrerita, en La Vega.

Es por esto que, la administración municipal de San Francisco de Ojuera, por medio de INSEP, logró conseguir el financiamiento para la pavimentación de la vía de acceso principal hacia el

municipio. Por esta razón se le solicito a UNITEC la elaboración de un diseño de pavimentación flexible para el tramo carretero, así como el diseño de pavimentación hidráulica y el sistema de alcantarillado sanitario de dos calles en los cascos urbanos de las aldeas La Vega y La Palca, para de esta manera contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. La culminación de estos proyectos le permitirá a los habitantes de dicho municipio y las comunidades aledañas poder explotar, entre otros, su potencial turístico.

## **2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

San Francisco de Ojuera

- 1) ¿Con qué características topográficas y geométricas cuenta la carretera existente?
- 2) ¿Qué tan óptimo es el suelo en la carretera existente para ser utilizado como material de Subbase?
- 3) ¿Cuál es el espesor adecuado de la subestructura para garantizar la funcionalidad de la carretera a diseñar, con respecto a su periodo de diseño?
- 4) ¿A cuánto asciende en lempiras, el presupuesto total del proyecto de pavimentación con carpeta asfáltica de 5,2 km?

La Palca/La Vega

- 5) ¿Qué cantidad y a que profundidad deben estar los pozos de inspección en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario?
- 6) ¿Qué material y diámetro de tubería serán necesarios para el diseño de sistema de alcantarillado sanitario?
- 7) Según las limitaciones topográficas del sitio ¿Cuál sería el tipo de características del sistema de saneamiento adecuado a implementar?
- 8) ¿Qué características geométricas y estructurales debe tener el diseño de pavimentación hidráulica según las restricciones de la zona?
- 9) El suelo existente, ¿Es óptimo para la base?

- 10) ¿A qué valor en lempiras, asciende el costo de los proyectos de sistema de alcantarillado sanitario y pavimentación hidráulica en las aldeas La Palca y La Vega?

## **2.5 OBJETIVOS**

Para definir la finalidad de este proyecto se han determinado objetivos, estos objetivos se dividen en objetivo general y objetivos específicos. El objetivo general indica en su totalidad lo que se brindará como resultado y los objetivos específicos indicarán qué acciones puntualmente deben llevarse a cabo para cumplir con el objetivo general.

### **2.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar el diseño geométrico y estructural en su segunda etapa, de la carretera de acceso a la cabecera municipal de San Francisco de Ojuera, que comprende 5.2 km, desde el desvío de Pito Solo hasta el puente provisional sobre el río Grande de Otoro, así como el diseño de pavimento rígido y alcantarillado sanitario de tramos de 305 metros y 270 metros en los cascos urbanos de las comunidades de La Vega y La Palca, respectivamente; bajo el cumplimiento de las normativas regionales del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, las normas de calidad AASHTO, y las normas de diseño para alcantarillado sanitario del SANAA. Para contribuir de esta forma al desarrollo socio económico de todo el municipio de San Francisco de Ojuera y sus comunidades aledañas.

### **2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **SAN FRANCISCO DE OJUERA**

- 1) Realizar el levantamiento topográfico de la carretera existente delimitado su derecho de vía y línea central.
- 2) Realizar un estudio de suelos y determinar su aptitud para material de sub estructura.
- 3) Optimización de ruta existente y diseño de espesores de las capas estructurales de pavimento asfáltico.
- 4) Estimar el presupuesto total del proyecto de pavimentación asfáltica de 5.2 kilómetros de la carretera principal hacia San Francisco de Ojuera.

LA PALCA/LA VEGA

- 5) Calcular la cantidad y profundidad de pozos de inspección que debe tener el sistema basándose en las normas del SANAA
- 6) Definir el tipo de diámetro y de tubería requerido para el sistema de alcantarillado sanitario.
- 7) Diseñar el saneamiento óptimo según las normativas y limitaciones.
- 8) Definir el diseño geométrico del pavimento hidráulico según las restricciones en el lugar.
- 9) Realizar un estudio de suelos y determinar su aptitud como material de subestructura.
- 10) Estimar el costo en lempiras, al que asciende el total del proyecto de alcantarillado sanitario y pavimentación hidráulica de los tramos.

### **III. MARCO TEÓRICO**

Una vez realizado el planteamiento del problema, enumerado las preguntas de investigación y descrito los objetivos en los capítulos anteriores procedemos a dar una perspectiva del entorno en el que se realizaran estos proyectos desde una visión macro a nivel latinoamericano, micro de manera interna en el territorio hondureño y local en el municipio de San Francisco de Ojuera. En el marco teórico se sustentará la información requerida para una mejor comprensión del problema, se planteará un marco informativo y de teoría junto a un marco de conceptos relacionados con los proyectos.

#### **3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En un país que está en vías de desarrollo como Honduras, la problemática en cuanto a infraestructura vial y redes de saneamiento se refiere, es muy amplia. Pero estas carencias no solo se presentan aquí, sino también en la mayoría de países de la región que poco a poco van realizando esfuerzos para poder solventar estas deficiencias.

Según datos del Fondo Vial Hondureño, Las Carreteras de Honduras tienen una extensión de 14,044 kilómetros de longitud, que corresponden a la Red Vial Oficial, sin embargo, la infraestructura vial total del país es de 25,000 km. aproximadamente. De la Red Oficial de Carreteras de Honduras,

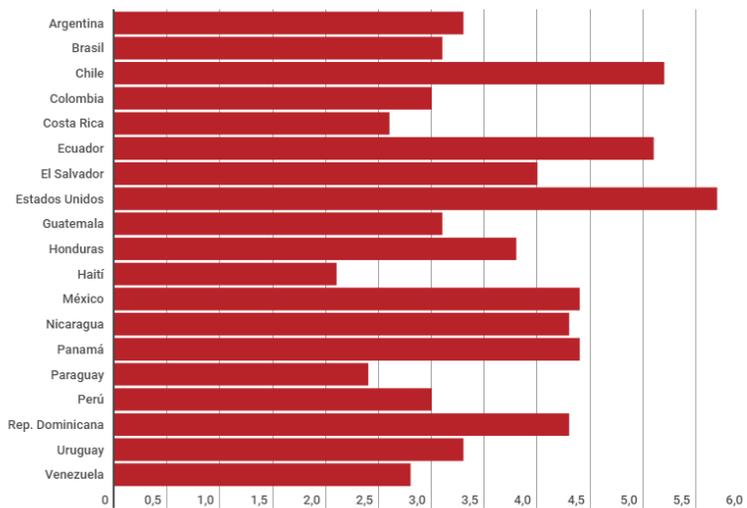
2,976 km. que representan un 21.2% están pavimentados y 11,069 km que equivalen un 78.8% no están pavimentadas. (XplorHonduras, 2014)

En cambio, al alcantarillado, en Centroamérica refleja que el 92.07% (48.04 millones de personas) de la población tienen accesos a servicio de alcantarillado y evacuación sanitaria de excretas. Sin embargo, aproximadamente 4,138,355 personas, equivalente al 7.93% carecen de un sistema básico de saneamiento. La población que tiene acceso a un sistema de alcantarillado representa el 32.42% (16,916,232 personas), las cuales generalmente se localizan en las zonas urbanas. (Cardoza, s.f.)

### 3.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO

A nivel macro, en cuanto a calidad de vías e infraestructura se refiere, este resulta ser un indicador determinante para el desarrollo de los países de la región.

La siguiente grafica relata el estado de la red vial en los países latinoamericanos.



**Ilustración 4. Grafica de la calidad de carreteras en América Latina.**

Fuente. (World Economic Forum, 2017)

Donde podemos observar en una escala de 1 a 7, en la que 1 es extremadamente pobre, y 7 extremadamente bien, que la calidad de carreteras en Chile, Panamá y Ecuador son los mejores posicionados de América Latina.

Las carreteras cumplen una función crucial en la sociedad moderna, proporcionando una mayor movilidad de personas, bienes y servicios. Los beneficios de las carreteras de asfalto son diversos, incluido el costo-beneficio, la reducción de la contaminación sonora, la mejora de la seguridad y de la comodidad, la durabilidad y la capacidad de reciclaje. Utilizar materiales de asfalto en la construcción de carreteras y en su mantenimiento puede mejorar las condiciones para todos los usuarios de las carreteras. Las nuevas tecnologías hacen del asfalto el único material de carreteras sostenible de elección. (Reynafajer, 2018)

### 3.1.1.1 VÍA TIMAN-CONSANZA

Colombia, al igual que Honduras, sufre un desarrollo lento en infraestructura vial, lo que la ha limitado para alcanzar el crecimiento adecuado en sus diversas actividades económicas.

Para dar cumplimiento a estos retos, se requiere que las vías tengan unas mejores características a las actuales con el fin de dar respuesta a las exigencias de un mundo agitado y globalizado que se vive hoy en día y que se hace cada vez más exigente. (Ordóñez, 2013, pág. 15)

#### TIPO Y DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de la vía Timan-Consanza en pavimento flexible, desarrollado por estudiantes de la Universidad Católica de Colombia, representó un verdadero reto debido a las exigencias de la zona donde se ubica el tramo diseñado.

Las malas condiciones en las que se encuentran las vías de comunicación, actualmente, en el Municipio de Timaná y en especial el sector de la Vereda Cosanza, no permiten transitar fácilmente los vehículos, por los daños en los diferentes tramos de la vía que desde el Municipio de Timaná conduce a la vereda de Cosanza y veredas circundantes, se suma a ello, factores climáticos como la lluvia en la región y fenómenos naturales como movimiento de masas, influyen en el deterioro y hace que la vía permanezca continuamente en mal estado. (Ordóñez, 2013, pág. 15)

Como metodología de diseño lograron la recolección de información necesaria para el diseño empleando técnicas tradicionales.

La metodología que se utiliza para este proyecto consiste en el levantamiento de información histórica a través de medios virtuales, documentos físicos que reposan en la biblioteca municipal, toma de muestras físicas en terreno, análisis en laboratorios especializados y aplicación de los conocimientos para obtener un producto final óptimo en cuanto a materiales y costos, que beneficie tanto a la comunidad como al Estado. (Ordóñez, 2013, pág. 18)

#### ESTUDIOS Y ANÁLISIS PRELIMINARES

Para el diseño estructural de la vía, se hizo el conteo de tráfico vehicular en un punto de control para determinar el TPD.

Volúmenes de tráfico vehicular. Se utilizaron datos de conteos de tráfico realizados en el año 2006 por el municipio en un lapso de siete días durante las 24 horas con secuencias de cada hora, y realizados con la selección de vehículos de la nomenclatura INVÍAS. El conteo se realizó en la salida de la vía que desde el municipio de Timaná conduce al centro poblado de la vereda Cosanza, en el proyecto, los conteos se realizaron en formatos que se implementaron para la labor en donde se consignó la información recopilada. (Ordóñez, 2013, pág. 38)

Los resultados obtenidos:

**Tabla 1. Volúmenes de tráfico vehicular.**

<b>TPD año 2011</b>	451
<b>TPD atraído + generado + desarrollado</b>	27
<b>TPD Total</b>	478
<b>Factor Direccional</b>	75%
<b>TPD en carril de diseño año base</b>	359

Fuente: (Ordóñez, 2013, pág. 38)

El Tráfico promedio diario en 2011 más el conteo salida de la vía de Timaná dando un total de 478 de tránsito promedio diario. Dando un factor direccional del 75%.

La obtención del número de ejes equivalentes para el diseño, el periodo de diseño estructural y espesores de carpetas se realizó por haciendo uso del manual de INVÍAS para pavimentos asfálticos.

Diseño de los espesores INVÍAS medios y altos volúmenes. Para la determinación de los espesores se recomienda hacer un tanteo de aproximación dando seguimiento a la metodología de INVÍAS para el diseño de pavimentos asfálticos con medios y altos volúmenes de tráfico, lo que basa su funcionamiento en una combinación en los métodos existentes y sumado a ello la experticia y la aplicación de la teoría fundamental de los materiales. (Ordóñez, 2013, pág. 45)

Una vez definido el periodo de diseño. Lograron determinar el número de ejes equivalentes

Las consideraciones de tránsito de diseño se realizan por la cuantificación de los ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas (N) que transitan por el carril de diseño a lo largo del periodo de diseño, lo que se consideró en el capítulo anterior como de diez años (10 años).

$N = 1.14 \times 106$  ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (10 años) (Ordóñez, 2013, pág. 46)

El módulo resiliente de diseño se seleccionó para cada una de las zonas del diseño, con respecto a la siguiente fórmula.

$$MR = 10.3 * CBR$$

**Ecuación 1. Módulo Resiliente**

Fuente. (Ordóñez, 2013)

Tomando en cuenta las características de la subrasante que servirá como soporte de la superestructura.

Para las arcillas de la región el módulo de Poisson se puede considerar que se encuentra en un rango de 0.0 A 0.5, con respecto al nivel de confinamiento y las características de las observaciones que se tuvieron en terreno, por sus grandes cambios de resistencia con respecto a la humedad, lo que se asume un valor de 0.5. Continuando con la metodología de diseño del manual de INVÍAS para pavimentos asfálticos con medios y altos volúmenes de tránsito y teniendo en cuenta las características de terreno de CBR que es 4.77 Kg/cm<sup>2</sup>, Módulos Resiliente de 490Mpa está entre 300 a 500 Kg/Cm<sup>2</sup>, número estructural de ejes equivalentes es de  $1.14 \times 10^6$  ejes equivalentes. (Ordóñez, 2013)

Conociendo con antelación el valor de los números estructurales de cada capa que conformara la superestructura utilizaron como referencia la formula proporcionada por el manual de calidad AASHTO 93.

Seleccionamos los espesores de las capas, y procedemos al dimensionamiento de los espesores de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento, y que se determinaron con referencia a la fórmula de la AASHTO 1993, Conociendo con antelación el número estructural SN y en función de los coeficientes estructurales y los coeficientes de drenajes para cada capa.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 + \dots$$

#### **Ecuación 2. Numero Estructural**

Fuente. (Ordóñez, 2013)

Donde:

SN = Número Estructural

D1, D2, D3 = espesores de las capas estructurales de concreto asfáltico, bases y sub-bases granulares, capa de mejoramiento. <sup>TM</sup>

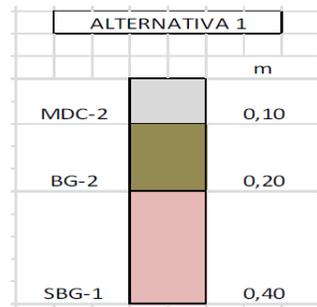
a1 a2 a3 = coeficientes estructurales

m2 m3 = coeficientes de drenaje

Formula en función de los coeficientes estructurales y los coeficientes de drenajes para cada capa.

Con los insumos anteriores se procede a la modelación de la estructura para cumplir con los requisitos de tránsito, iteramos hasta obtener los espesores mínimos recomendados por la guía AASHTO 93, con lo que obtenemos los espesores siguientes en las diferentes zonas definidas por la sectorización y con más de una alternativa en el proyecto. (Ordóñez, 2013, pág. 51)

Después de varias alternativas realizadas y en función del presupuesto, se decidió por sugerir un diseño.



**Ilustración 5. Diseño de estructuras INVÍAS.**

Fuente. (Ordóñez, 2013)

### 3.1.1.2 CALLE 5 SE, ESTELÍ

El crecimiento vial de Nicaragua en los últimos 10 años ha aportado a la competitividad del país

Nicaragua ha experimentado un crecimiento económico sostenido como resultado del buen manejo disciplinado de sus políticas fiscales, financieras, monetarias y cambiarias.

La legislación y procedimientos administrativos relacionados a negocios han contribuido a un fuerte ingreso de inversión extranjera en los últimos años.

Más aun, el excelente desempeño económico ha sido reconocido por el Fondo Monetario Internacional (FMI), a través de una serie de revisiones durante los últimos años. En la más reciente revisión en marzo del 2015 el FMI destacó que el reciente desempeño económico ha sido favorable.

(Vilchez I. H., 2016 , pág. 12)

Para el diseño de vía o carretera se tomaron en cuenta los datos brindados tanto en el estudio de suelo realizado en el tramo de la vía, así como el estudio de tráfico realizado. Debido a que se proyectan las vías para tener serviciabilidad a n cantidad de años es necesario obtener los datos que se presentan a continuación.

Factor de Crecimiento (FC)

Se obtiene el factor de crecimiento (Fc) del tránsito por medio de la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{(1+l)^n}{l} * 365$$

### **Ecuación 3. Factor de crecimiento.**

Fuente. (Vilchez I. H., 2016 , pág. 15)

Dónde:

l = Tasa de Crecimiento

n = Periodo de Diseño = 20 años

365 = Días del Año

Periodo de Diseño de acuerdo a la funcionalidad de la red vial básica del MTI, el tramo analizado es del tipo Autopista Regional, por conectar a los países centroamericanos entre sí, es alta importancia para el país, el periodo mínimo es de 20 años y el máximo de 50, se consideró que la construcción de la carretera se hará de manera integral para un periodo de diseño de 20 años.

Factor Carril: Se refiere al número de carriles por sentido para los cuales se está diseñando. El factor de carril que utilizaremos será de 100%, ya que estamos considerando que la carretera será diseñada para 2 carriles de circulación (1 por sentido).  $fc=1$ .

Factor de Distribución: Este factor se refiere a la distribución direccional del tránsito. Le asignaremos 50% del tráfico para cada sentido de la vía. Por lo tanto, tomamos el valor de  $FD = 0,5$  (Vilchez I. H., 2016 , pág. 15)

Para la obtención del tráfico de diseño, habiendo obtenido previamente el tráfico promedio diario anual (TPDA), factor de crecimiento (FC), factor de distribución (FD) y factor de carril (fc). Se empleó la siguiente formula:

$$TD = TPDA * FC * FD * fc$$

### **Ecuación 4. Trafico de Diseño**

Fuente. (Vilchez I. H., 2016 , pág. 21)

#### **ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

El método que se utilizó para realizar el diseño de la estructura de pavimento en este trabajo monográfico fue el de la A.A.S.H.T.O. 93, este método involucra los estudios abordados anteriormente.

En Nicaragua no existe método específico para el diseño de estructura de pavimento. Para el diseño de carpeta de rodamiento de adoquín, los métodos más usados son:

- Método Directo
- Murillo López De Souza
- Método Argentino
- Método Británico
- AASHTO

Por lo que el método de A.A.S.H.T.O es el más usado y cuenta con dos técnicas de diseño para estructuras de pavimento: rígido y flexible. Para el diseño propuesto a continuación se utilizó el método flexible tomando ciertas consideraciones: Suponer que el pavimento de adoquín trabaja como pavimento flexible, está basado en la forma cómo este asimila las cargas y las transmite a los demás miembros de la estructura de pavimento, trabajando de forma articulada y a la vez como una pequeña losa.

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, de concreto y adoquinado. Debido a su fácil trabajabilidad y otras características se eligen adoquines de hormigón en este estudio (se excluye el macadam por tratarse de carretera urbana). En todo caso resulta una alternativa económica y de mantenimiento. El método A.A.S.H.T.O, contempla la implementación de modelos matemáticos donde se ven involucradas variables que condicionan el desarrollo de estos.

Luego de obtener las características y propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales (Sub-Rasante y Bancos) existente en todo el Proyecto por medio de los Ensayes de Laboratorio, así como los datos del Estudio de Tránsito Vehicular calculado se procede a efectuar el Diseño de Pavimento siguiendo la metodología propuesta por la guía AASHTO-93. (Vilchez I. H., 2016 , pág. 33)

### *3.1.1.3 EL GUAYABAL*

En los últimos años Guatemala, ha invertido mucho presupuesto en la red vial logrando un crecimiento equivalente al 1.8 por ciento.

Si analizamos la inversión en infraestructura vial, según el Banco Mundial entre 1985 y 2013 la red vial aumentó 80 por ciento, una inversión de 7,335 kilómetros (una tasa de crecimiento equivalente

al 1.8 por ciento anual). Sin embargo, desde 2013 no se ha construido ni un kilómetro adicional de red vial en el país. (Periodico, 2017)

Guatemala está realizando un gran esfuerzo para lograr un mejoramiento en infraestructura vial que le permita potenciar su economía. Es junto a Costa Rica el país con menor calidad de sus vías (v. Ilustración 5) "Guatemala tiene un total de 16,457 kilómetros de red vial según el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, de los cuales únicamente el 44.6 por ciento están pavimentadas" (Periodico, 2017).

#### TIPO Y DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de pavimento rígido de 5.7 km del camino que conduce a la aldea El Guayabal, municipio de Estenzuela del departamento de Zacapa, Guatemala desarrollado por un estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el diseño del pavimento rígido, se utilizó el sistema de medición topográfica compuesta por la planimetría y altimetría. Para definirse una longitud de 5755 m. de largo y un ancho de 6m, para luego proceder al muestreo de la sub-rasante y conocer las propiedades del suelo por medio de los ensayos de laboratorio y diseñar el pavimento rígido; para el diseño se utilizó el método simplificado de la PCA llegando a proponer un espesor de losa de 15 centímetros y bordillos de 15 X 10 centímetros y un bombeo pluvial del 2%. (García, 2010, pág. 15)

#### ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

En la Dirección General de Caminos existen especificaciones para diferentes tipos de carreteras. Esta carretera tiene los siguientes parámetros: el tránsito promedio diario (TPD) en este caso es de 123 vehículos por día, el ancho de calzada que se permite en la región, esto por diversas razones, es de 7 metros, es una carretera rural, es una región llana por lo que la pendiente natural del terreno no varía mucho, habiendo determinado que estas características corresponden la carretera tipo E según las normas. (García, 2010, pág. 17)

Los parámetros que caracterizaron este tipo de carretera fueron los siguientes:

Tráfico promedio diario es de 100 a 500 vehículos.

Velocidad de diseño: la velocidad de diseño disminuye conforme el terreno cambia de llanas a montañosas. La velocidad de diseño es de 50 km/h debido a que el terreno es llano.

El ancho mínimo de calzada es de 5.50 metros, en el diseño del proyecto se estableció un ancho de calzada de 6.00 metros con 0.50 metros de cuneta en ambos lados para un total de 7.00 metros. La pendiente máxima para una velocidad de diseño de 50 km/h es de 9%. La pendiente máxima permisible dice que debe de aplicarse únicamente en tramos cortos. Es recomendable que en esos pequeños tramos no sean mayores a 100 metros.

El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente; para ello, es necesaria una pendiente transversal de 2% como mínimo hacia ambos lados de la tangente y en un solo sentido en las curvas horizontales.

Las curvas verticales deben tener una longitud mínima de dos estaciones de 20 metros. Sin embargo, la aplicación de las normas rígidas podría encarecer el costo de los caminos, por lo que para el proyecto el diseño de curvas verticales se debe de tener en cuenta la seguridad de una forma razonable.

El proyecto consiste en la pavimentación 5,755 metros lineales de camino vecinal, el cual tiene un ancho promedio de 6.00 metros. Además, se colocarán los drenajes adecuados y obras de arte necesarias para la conservación del tramo a pavimentar.

El pavimento rígido tendrá un espesor de 15 centímetros y se colocará sobre una sub-base de material selecto el cual tendrá un espesor de 15 centímetros.

A lo largo del pavimento rígido se colocará cunetas, con unas dimensiones de 60 centímetros de ancho y 50 centímetros de alto, la cual contará con topes para disminuir la velocidad del agua pluvial que se transportará debido a la pendiente natural del terreno. Se colocarán bordillos seguidos de las cunetas para dividir el paso vehicular y peatonal, el bordillo servirá de referencia para la elaboración de las banquetas.

Se realizaron ensayos para determinar las características del suelo que soportara la superestructura dando como resultado los siguiente:

Clasificación P.R.A. = A - 4

Clasificación S.C.U. = SC

Descripción del suelo = Limo arcilloso color café

Límite líquido = 28.83 %

Índice plástico = 4.2 %

Densidad seca máxima = 98.9 lbs / pie<sup>3</sup>

Humedad óptima = 20.2 %

C.B.R. = al 90.7 % de compactación es de 17.2 % aproximadamente.

Como conclusión, el proyecto tendrá una longitud de 5,755 metros, un ancho de calzada de 6 metros, el diseño basado en el método simplificado de la PCA determinó que el pavimento rígido tendrá un espesor de 15 centímetros, una subbase de 15 centímetros y un bombeo del 2%.

#### *3.1.1.4 ALDEA CAPTÍN CHIQUITO*

De acuerdo al último censo, en el año 2002 la población del país era de 11,2 millones de habitantes de los cuales el 54% se encontraba en zonas rurales. Se estima que, para el año 2009, el número de habitantes se encuentre en torno a los 14 millones y la participación de la población rural descendió al 52%, indicando una tendencia a la mayor urbanización. La participación de la población rural es alta en términos comparativos con otros países de América Latina, siendo sólo mayor en Haití y Honduras. (Lentini, 2010, pág. 7)

El Censo de Población y Vivienda arrojó para el año 2002 una cobertura del 66% para el servicio de agua con el chorro de uso exclusivo, que se ampliaba al 74% si se agregaba a los hogares con chorro compartido para varios hogares o instalado fuera del local. A su vez, según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI), la cobertura de agua por red y chorro público alcanzó el 78% en el 2006.

#### ESTUDIO TÉCNICO

Tamaño óptimo del proyecto (factores condicionantes)

Se mide por la capacidad del servicio del proyecto durante el horizonte de diseño. Son varios los factores que inciden en el tamaño del proyecto, los más determinantes son los siguientes: Población afectada y demanda insatisfecha, Financiamiento, Tecnología, Localización, Disponibilidad de recursos humanos, Capacidad gerencial, Dimensionamiento de la solución.

La aldea Captzín Chiquito, que pertenece al municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango, no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua para cubrir la demanda de este servicio. Por lo que es necesario el diseño y la construcción de un proyecto de sistema de agua potable con una fuente de agua capaz de cubrir la demanda actual y futura. (Lam A. , 2011, pág. 5)

#### DISEÑO DEL PROYECTO

La población actual y futura de la aldea de Captzín Chiquito es de 850 y 1,703 habitantes respectivamente siendo estos datos los utilizados para considerarlos en el diseño técnico. Se utilizó una tasa de crecimiento del 3.35% del promedio de los habitantes del censo de 1994 y 2002 de toda la vida y reciente, es decir, con datos de migración y se calculó la población de la siguiente manera:

$$Pf = Po * (1 + i)^t$$

#### **Ecuación 5. Población futura.**

Fuente. (Lentini, 2010, pág. 35)

Dónde:

Po = población actual

i = tasa de crecimiento anual

t = período de diseño

#### CAUDALES DE DISEÑO

Tomando en cuenta la dotación y la población futura, se determinó el caudal medio de la siguiente manera:

$$CM = \frac{\text{dotación} \times \text{poblacion futura}}{86400} = l/s$$

#### **Ecuación 6. Caudal medio.**

Fuente. (Lentini, 2010, pág. 36)

#### CAUDAL DÍA MÁXIMO

Considerando un factor de día máximo de 1.2 por ser una población menor de 1,000 habitantes, se determinó el caudal de conducción de la siguiente manera:

$$CDM = 1.2 \times CM$$

Los cálculos para presentar la memoria de cálculo del diseño de la línea de conducción fueron determinados utilizando la fórmula de Hazen-Williams y la ley de continuidad.

$$H_f = \frac{1743.811 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times \varnothing^{4.87}}$$

#### **Ecuación 7. Formula Hazen-Williams**

Fuente. (Lentini, 2010, pág. 37)

Dónde:

H<sub>f</sub> = pérdida de carga en metros

L = longitud de diseño en metros

Q = caudal d diseño en litros sobre segundo

C = coeficiente de rugosidad según material de tubería

∅ = diámetro interno de tubería

Además, se utiliza la ecuación de la continuidad para conocer la velocidad que pasa en un tramo determinado.

$$Q = A \times V$$

#### **Ecuación 8. Caudal.**

Fuente. (Lentini, 2010, pág. 37)

Dónde:

Q = caudal de diseño

A = área transversal de la tubería

v = velocidad

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El volumen del tanque de almacenamiento o distribución se debe calcular de acuerdo a la demanda real de la comunidad. Sin embargo, en el literal 4.4.3 de la Guía para el diseño de UNEPAR indica que, al no contar con estudios de dicha demanda en sistemas por gravedad, se puede adoptar de 25% a 40% del consumo medio diario estimado. (Lam J. , 2010, pág. 41)

### 3.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO

“Las Carreteras de Honduras tienen una extensión de 14,044 kms. De longitud, que corresponden a la Red Vial Oficial, sin embargo, la infraestructura vial total del país es de 25,000 km” (Carreteras en Honduras, 2018, pág. 1).

Este conjunto de Carreteras de Honduras se clasifica en Red vial Primaria, Red vial Secundaria y red vial vecinal. El resto de vías está formado por lo que se denomina Red vial Terciaria.

En la Red Oficial de Carreteras de Honduras, 2,976 km. que representan un 21.2% están pavimentados y 11,069 km que equivalen un 78.8% no están pavimentadas; la red primaria es el conjunto de carreteras que estructuralmente son vitales para la red vial del país o que unen las principales ciudades o sitios de mayor importancia nacional e interdepartamentales ya sea pavimentadas o no pavimentadas. (Carreteras en Honduras, 2018, pág. 1)

La siguiente ilustración detalla (v. Ilustración 6) los 7 corredores viales de Honduras.



**Ilustración 6. Corredores viales de Honduras**

Fuente: (Secretaría de Recursos Naturales y Ambientales (SERNA), 2004)

La región Atlántida de Honduras, es uno de los principales polos de desarrollo social y económico del país y la ciudad de la Ceiba es el centro poblacional más importante de esta región, cuyo crecimiento económico se debe a la fertilidad de las tierras aledañas a la Ciudad y a la cercanía de centros turísticos Culturales y de Aventura, además es el paso obligado de comunicación terrestre entre el departamento de Atlántida y Colón.

Para contribuir al desarrollo social y económico de la región atlántica, SOPTRAVI a través de la Dirección General de Carreteras desarrollará un estudio vial del acceso a la Ciudad de la Ceiba, para resolver el problema de congestión vial que actualmente dificulta el tránsito vehicular en la Ciudad y atrasa el flujo vehicular de las carreteras que conducen a Tela y a la zona del Aguan. (Estudio y diseño de la calle 8, en la ceiba, departamento de Atlántida, 2006, pág. 1)

La estructura de pavimento deberá ser diseñado por cualquiera de los métodos siguientes:

Del Asphalt Institute, AASHTO, de Diseño de Refuerzos, método basado en Criterios de Reducción de Deflexiones y en base a estos resultados adoptar la estructura de pavimentos a tener en cuenta los criterios siguientes: Distancia de visibilidad, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones transversales, tránsito, seguridad, medio ambiente, señalización, retornos, entrecruzamientos, rampas, avencinamientos. (Estudio y diseño de la calle 8, en la ceiba, departamento de Atlántida, 2006, pág. 1)

*(CHÁVEZ, LÓPEZ, & CORTES, 2018)3.1.3.1 SAN FRANCISCO DE OJUERA*

Anteriormente se realizó el diseño en pavimento flexible de la carretera principal hacia el municipio de San Francisco de Ojuera, en su primera etapa por alumnos de ingeniería civil de UNITEC, San Pedro Sula. La longitud del mismo fue de 3.1 km desde el casco urbano del municipio hasta el puente provisional sobre el río Grande de Otoro, que comprende un 37% de la longitud total de la carretera.

Los resultados obtenidos se resumen (v. *ilustración 7*) a continuación:

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.43	1	4	1.73	7	3.027
Base Granular	0.09	1	6	0.561	10	0.935
Sub Base Granular	0.11	1	12	1.316	30	3.289
				3.607		7.251

**Ilustración 7. Espesores de pavimento.**

Fuente. (Chávez, López, & Cortes, 2018, pág. 51)

El presupuesto calculado resulto en Lps. 25,652,093.79 millones, debido en su mayoría a los volúmenes de corte y relleno que en cumplimiento de las normativas no fue posible afinar más. El valor por kilómetro obtenido fue de Lps. 8,261,543.64.

El suelo en la zona resultó ser de unas características poco recomendadas para ser utilizado como soporte de la superestructura.

Luego de realizar los ensayos correspondientes se determinó que la clasificación del suelo in situ y las características del suelo existente son de un suelo de grado fino limo arcilloso de baja plasticidad (CL) según tabla SUCS. Se concluye que el material no es apto para la sub estructura por si solo y debe ser mejorado a través de métodos de estabilización de suelo. (Ordóñez, 2013)

### 3.2 TEORÍAS DE SUSTENTO

Los diseños de pavimentos rígidos y flexibles se realizan cumpliendo con las normativas y parámetros especificados en Honduras, por el manual de carreteras de la secretaria de obras públicas transporte y vivienda (SOPTRAVI). Donde se especifica los pasos y directrices para la elaboración del mismo. En el diseño de alcantarillado sanitario, se elaboran siguiendo las especificaciones y normas del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

### 3.2.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

#### 3.2.1.1 MÉTODO AASHTO

##### INTRODUCCIÓN

En base a las experiencias realizadas en el AASHTO Road Test (1958-1959) se desarrolló una solución algorítmica que sirvió como criterio de diseño. La fórmula obtenida relaciona, mediante análisis estadísticos, la evolución del Índice de Serviciabilidad (PSI) con el tránsito soportado ( $W_{18}$ ); siendo la ecuación formulada representativa del mejor ajuste a las condiciones medias de la pista experimental, en lo que se refiere a suelos, propiedades de los materiales, procesos constructivos y tránsito. En el nuevo método (1993 similar al de 1986) se ha tenido en cuenta la incertidumbre que se presenta en la predicción del tránsito y en los distintos niveles del comportamiento en servicio.

Las variaciones debidas a la predicción del tránsito y al comportamiento real del pavimento se suman en un "error standard" de estimación ( $S_o$ ), que se aplica directamente en el cálculo de espesores. Siendo ZR el valor de la desviación standard normal para el grado de confiabilidad que se desee, se indican a continuación los valores de ZR para distintos niveles:

**Tabla 2. Valor de la desviación estándar.**

<b>CONFIABILIDAD</b>	<b>Desviación normal standard</b>
R (%)	ZR
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340

Continuación Tabla 2...

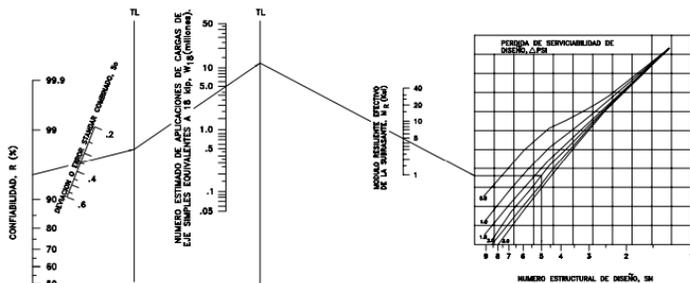
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645

Fuente: (AASHTO, 1993)

Para un nivel de confiabilidad determinado por ejemplo 90% en una distribución normal, sólo quedan 10% de puntos por debajo de la campana de Gauss, es decir con riesgo de falla. De la experiencia disponible se ha verificado que para pavimentos flexibles  $S_o$  se encuentra entre 0,40 y 0,50. Debe tenerse en cuenta que el diseñar para un alto grado de confiabilidad implica aumentar marcadamente los costos de construcción del pavimento.

Ecuacion de diseño:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10} M_R - 8.07$$



EJEMPLO:  
 $W_{18} = 5 \times 10^5$   
 $R = 95\%$   
 $S_o = 0.35$   
 $M_R = 5000 \text{ psi}$   
 $\Delta PSI = 1.8$   
 SOLUCION:  $SN=5.0$

Ilustración 8. Nomograma de diseño para pavimentos flexibles.

Fuente: (AASHTO, 1993)

El número estructural (SN) del pavimento representa la resistencia total del mismo para una determinada condición de la subrasante (MR), para un tránsito específico ( $W_{18}$ ) y para un Índice de Serviciabilidad definido al final de la vida útil. El SN debe convertirse a espesores reales mediante los coeficientes estructurales que representan los aportes de las distintas capas.

Siendo:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

**Ecuación 9. Numero estructural.**

Fuente. (AASHTO, 1993)

$a_i$  = coeficiente de la capa  $i$

$D_i$  = espesor de la capa  $i$

$m_i$  = coeficiente que refleja la condición de drenaje de la capa  $i$  (no afecta a las capas asfálticas).

**PROCEDIMIENTO DE DISEÑO**

El nomograma de diseño y la ecuación que se presentan en la GRAFICA 1, son aplicables tanto a concretos asfálticos, como a tratamientos bituminosos superficiales que registren un significativo nivel de tránsito (mayor a 50.000 repeticiones de ejes equivalentes a 18.000 lb durante el período considerado). En ambos casos el diseño se basa en determinar el número estructural requerido (SN) que satisfaga al flujo de cargas estimado; quedando en manos del proyectista decidir de acuerdo a las condiciones específicas de la obra, se requiere un tratamiento simple, doble o triple o una carpeta de concreto asfáltico.

A continuación, se describen los pasos a seguir para la determinación del número estructural de diseño (SN) para condiciones específicas inherentes a los parámetros de diseño.

- 1- Estimar la proyección del tránsito ( $W_{18}$ ) para el período considerado.
- 2- Seleccionar el nivel de confiabilidad (R) de acuerdo a las características del proyecto.
- 3- Adoptar un valor para  $S_o$  (desviación standard) en base al análisis de las posibles variaciones de los factores de diseño.
- 4- Calcular el módulo resiliente efectivo (MR de la subrasante).
- 5- Definir la pérdida de serviciabilidad (PSI) de acuerdo al  $PSI_i$  y  $PSI_t$  seleccionados.

Una vez definido el número estructural (SN) requerido, se analizarán distintas combinaciones de espesores de capas (es decir distintas alternativas de diseño), ya que el SN debe ser convertido a espesores reales por medio de coeficientes estructurales que representan los aportes resistentes de las distintas capas, siendo:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

**Ecuación 10. Numero estructural.**

Fuente. (AASHTO, 1993)

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales representativos de capa de rodamiento, base y subbase respectivamente.

D1, D2, D3 = espesor (en pulgadas) de la capa de rodamiento, base y subbase respectivamente.

m2, m3 = coeficiente de drenaje de base y subbase respectivamente.

Como ya se mencionará la ecuación del SN no tiene una única solución, sino que hay un conjunto de combinaciones de espesores de capa que brindan alternativas satisfactorias. En la selección de dichos espesores se debe prestar especial atención a los costos no sólo de construcción sino también de mantenimiento a fin de seleccionar la alternativa técnico-económica óptima.

Dado que resultaría antieconómico el dimensionar carpeta, base y subbase de un espesor inferior a un mínimo requerido, el manual provee de una tabla que a continuación se transcribe, donde se indican para distintos niveles de tránsito los mínimos espesores requeridos para concreto asfáltico y bases granulares.

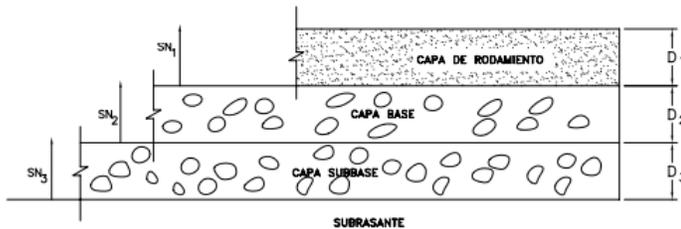
TRANSITO (ESAL)	MÍNIMOS ESPESORES (EN PULGADAS)	
	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE GRANULAR
< 50.000	1,0 (o T.S.)	4,0
50.001-150.000	2,0	4,0
150.001-500.000	2,5	4,0
500.001-2.000.000	3,0	6,0
2.000.001-7.000.000	3,5	6,0
> 7.000.000	4,0	6,0

**Ilustración 9. Espesores en pulgadas requeridos para concreto asfáltico y bases granulares.**

Fuente: (AASHTO, 1993)

Considerando que los valores mínimos de espesores responden a condiciones y prácticas locales, el proyectista deberá decidir si es necesario modificar o no los valores mínimos indicados, de acuerdo a su uso. En el caso que la superficie de rodamiento esté conformada por un tratamiento bituminoso su aporte estructural no será considerado para el cálculo del SN, pero su efecto sobre las propiedades de la base y subbase debe ser tenido en cuenta debido a la reducción de entrada de agua superficial que se produce por su recubrimiento.

Siendo un pavimento flexible una estructura conformada por un sistema de capas, las mismas se deben diseñar armónicamente. Primeramente, se calculará el número estructural requerido sobre la subrasante; del mismo modo se computará el número estructural requerido sobre la subbase y sobre la base utilizando los valores de resistencia definidos para ellas. Mediante las diferencias entre el número estructural requerido, computado sobre cada capa, puede ser calculado el mínimo espesor admisible para cualquier capa.



$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

- 1)  $a$ ,  $D$ ,  $m$  Y  $SN$  SE DEFINEN EN EL TEXTO Y SON LOS MÍNIMOS VALORES REQUERIDOS.
- 2) EL ASTERISCO DE  $D$  O  $SN$  INDICA QUE LOS MISMOS REPRESENTAN LOS VALORES USADOS, QUE PUEDEN SER IGUALES O MAYORES QUE LOS REQUERIDOS.

**Ilustración 10. Procedimiento para determinar los espesores de las distintas capas.**

Fuente: (AASHTO, 1993)

### 3.2.2 PAVIMENTO RÍGIDO

#### 3.2.2.1 MÉTODO AASHTO 93

##### FACTORES DE DISEÑO

##### Módulo de reacción efectivo de la subrasante

Dado que el valor de k efectivo depende de diferentes factores ajenos al módulo de reacción de la subrasante en sí, el primer paso consiste en identificar la combinación de los factores a considerar a fin de poder estimar mediante la tabla que se adjunta (figura 2) el módulo de reacción efectivo.

**TABLA PARA ESTIMAR EL MODULO DE REACCION EFECTIVO DE LA RASANTE**

SUBBASE: TIPO \_\_\_\_\_ PROFUNDIDAD DE MANTO \_\_\_\_\_  
 ESPESOR (pulg) \_\_\_\_\_ ROCOSO (pies) \_\_\_\_\_  
 PERDIDA DE SOPORTE \_\_\_\_\_ ESPESOR PROYECTADO DE LOSA (pulg) \_\_\_\_\_

(1) MES	(2) Módulo de la subrasante M (psi)	(3) Módulo de la subbase E (psi)	(4) Valor de k (pci) compuesto (Figura 106)	(5) Valor de k (pci) sobre manto rocoso. (Figura 107)	(6) Deterioro relativo. $\mu$ (Figura 108)
ENERO					
FEBRERO					
MARZO					
ABRIL					
MAYO					
JUNIO					
JULIO					
AGOSTO					
SEPTIEMBRE					
OCTUBRE					
NOVIEMBRE					
DICIEMBRE					
			Sumatorio	Sm =	

Promedio:  $m = S_m / h =$  \_\_\_\_\_  
 Módulo de reacción efectivo, k (pci) = \_\_\_\_\_  
 Corregido por pérdida de soporte: k (pci) = \_\_\_\_\_

**Ilustración 11. Tabla para estimar el módulo de reacción efectivo de la rasante.**

Fuente: (AASHTO, 1993)

Los factores que se consideran son:

a) Tipo de subbase: diferentes tipos de subbase tienen distintos módulos elásticos (ESB), consecuentemente se debe considerar su efecto, así como su variación del mismo en las distintas estaciones del año.

b) Espesor de subbase (en pulgadas): el espesor de subbase que corresponda a cada tipo de subbase se debe estimar, a fin de poder hacer una evaluación económica de distintas alternativas para diferentes espesores y tipos.

c) Pérdida de soporte (LS): este factor tiene en cuenta la potencial pérdida portante de la subbase (erosión y/o movimientos diferenciales del suelo). En caso de suelos expansivos (arcillas muy activas), los valores de LS considerados son de 2,0 a 3,0 (subrasante).

d) Fundación en roca (en pies): Si debajo de la subrasante, a una profundidad menor de 10 pies, existiera un macizo rocoso su influencia debe ser considerada para esa sección, aunque la longitud que abarque del tramo no sea realmente significativa.

A continuación, se indican valores de LS para distintos tipos de materiales

<b>DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS (P.C.A.)</b>						
<b>EJES SIMPLES</b>						
CARGA (ton)	CARGA x Fs (ton)	ESFUERZO ACTUANTE (kg/cm <sup>2</sup> )	R	REPETICIONES PERMISIBLES	REPETICIONES PREVISTAS	%UTILIZADO DE LA CAPACIDAD TOTAL
13.6	16.3	26.0	0.52	300,000	3,100	1
12.7	15.2	25.0	0.51	400,000	3,100	1
11.8	14.2	23.3	<0.50	Limitadas	-----	0
10.9	13.1	-----	---	Limitadas	-----	0
10.0	12.0	-----	---	Limitadas	-----	0
9.6	11.5	-----	---	Limitadas	-----	0
<b>EJES TANDEM</b>						
24.5	29.4	29.3	0.59	42,000	3,100	7
23.6	28.3	28.2	0.57	75,000	3,100	4
22.6	27.2	27.4	0.55	130,000	30,360	23
21.8	26.1	26.6	0.54	180,000	30,360	17
20.8	25.0	25.6	0.52	300,000	48,140	16
20.0	24.0	24.5	<0.50	Limitadas	-----	0
19.0	22.8	-----	---	Limitadas	-----	0
18.1	21.8	-----	---	Limitadas	-----	0

S = 69%

**Ilustración 12. Valores de LS.**

Fuente: (AASHTO, 1993)

El segundo paso consiste en estimar los módulos resilientes de la subrasante en las distintas estaciones (o meses) del año (columna 2 de la tabla de la figura 2).

En el tercer paso se analizarán las características mecánicas de los distintos tipos de subbase proyectados, a fin de evaluar sus módulos (ESB) en las distintas épocas del año (columna 3). Así por ejemplo para un material tratado con cemento (insensible a la acción del agua) bastará con asignarle un valor constante para cada estación.

En el cuarto paso corresponde estimar el módulo compuesto para cada estación (columna 4) asumiendo una profundidad de subrasante semi-infinita. Mediante la carta que se indica en la figura 4 y entrando con el espesor de la subbase (DSB) en base a los módulos de la subrasante y de la subbase (MR y ESB respectivamente) se determina el módulo compuesto  $k$  (pci). Si la losa apoyara directamente sobre la subrasante, el módulo de reacción compuesto de subrasante se define mediante la siguiente expresión teórica.

$$k = MR / 19,4$$

**Ecuación 11. Módulo Resiliente.**

Fuente. (AASHTO, 1993)

MR = módulo resiliente de la subrasante

$k$  = valor resultante del ensayo de plato de carga

En el quinto paso se considera el efecto de fundación en roca; este paso se excluye en el caso que el manto rocoso se ubique a una profundidad mayor de 10 pies. Mediante la carta que se transcribe (v. Ilustración 13) se calcula el módulo modificado por presencia de una fundación rocosa entrando con el módulo de la subrasante y en base a la profundidad del manto rocoso y al módulo compuesto ( $k$ ) estimado, se determina el módulo modificado.

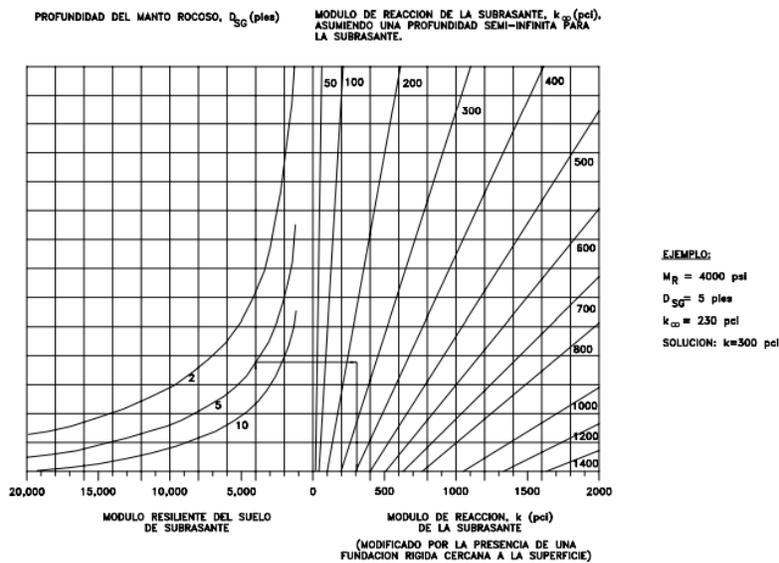


Ilustración 13. Carta para modificar el módulo de reacción de la subrasante.

Fuente: (AASHTO, 1993)

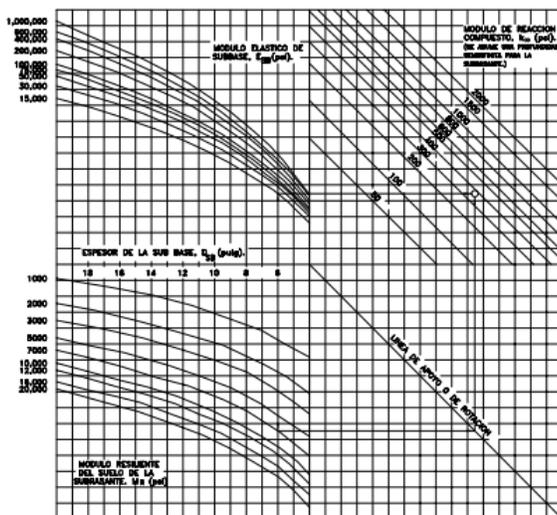
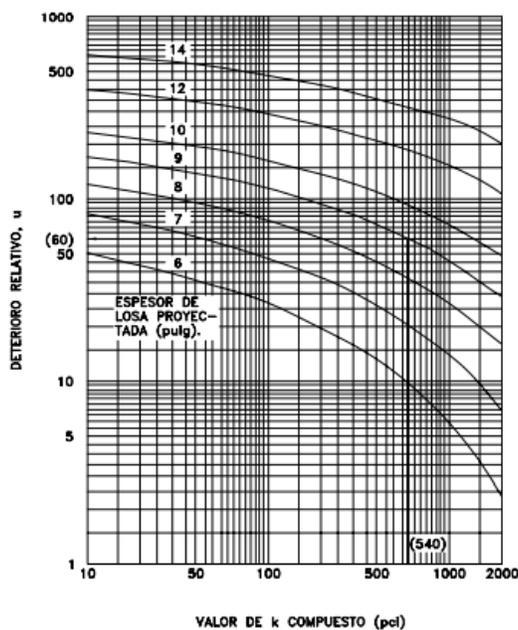


Ilustración 14. Carta para estimar el módulo de reacción compuesto de la subrasante.

Fuente: (AASHTO, 1993)

En el sexto paso, estimando un espesor de losa requerido y en base a la carta (v. Ilustración 15), entrando con el valor de  $k$  compuesto ( $pci$ ) y el espesor de losa estimado se obtiene el valor del deterioro relativo ( $U_r$ ) para cada estación (columna 6).

El séptimo paso consiste en dividir la sumatoria de los deterioros relativos por el número de estaciones (o meses según correspondiera). El módulo de reacción efectivo de la subrasante es el valor que corresponde a ese promedio y al espesor de losa estimado, que se obtiene de la figura 5.

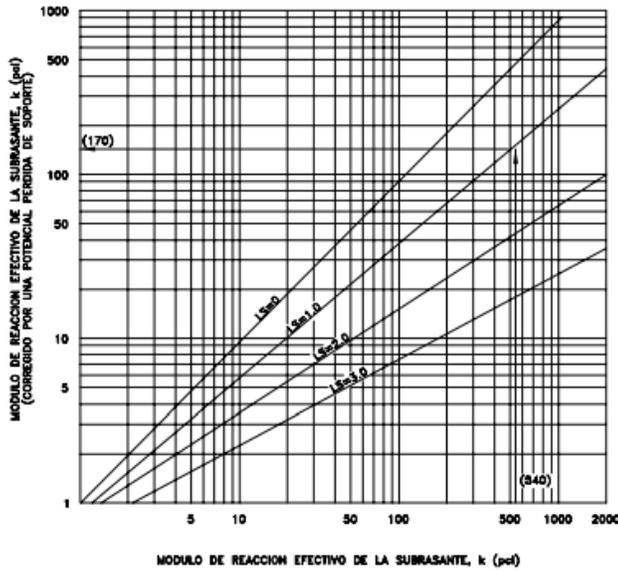


**Ilustración 15. Carta para estimar el deterioro relativo de un pavimento rígido.**

Fuente: (AASHTO, 1993)

El último paso en el proceso consiste en ajustar el módulo obtenido teniendo en cuenta una potencial pérdida de soporte de la subbase.

Mediante el gráfico de la figura 6 en base al módulo efectivo y al valor de  $LS$ , se determina el módulo de reacción efectivo de la subrasante corregido por una potencial pérdida de soporte.



**Ilustración 16. Correcciones del módulo de reacción efectivo de la subrasante.**

Fuente: (AASHTO, 1993)

Si se desea utilizar dicho valor ( $S_c$ ), se le debe hacer un ajuste, basado en la desviación standard del módulo (SDS) y en el porcentaje (PS) de la distribución de tensiones, que se considere que normalmente pueden caer debajo del valor especificado, siendo:

$$S'c (\text{promedio}) = S_c + Z (SDS)$$

**Ecuación 12. Promedio estimado del valor del módulo de rotura.**

Fuente: (AASHTO, 1993)

Donde:  $S'c$  = promedio estimado del valor del módulo de rotura (en psi)

$S_c$  = módulo de rotura (en psi) según las especificaciones de construcción

SDS = desviación standard estimada del módulo de rotura (en psi).

Z = variación normal standard. Siendo:

**Tabla 3. Testigos permitidos según valor Z.**

<b>Z</b>	<b>PS*</b>
0.841	20%
1.037	15%
1.282	10%
1.645	5%
2.327	1%

Fuente: (AASHTO. 1993)

\* Número de testigos permitidos (en %) que pueden registrar una resistencia menor a la especificada.

#### COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA

Este coeficiente (J) tiene en cuenta la capacidad del pavimento de concreto para transferir (distribuir) las cargas a través de discontinuidades, tales como las juntas o grietas. Para pavimentos proyectados con juntas que no incluyan elementos de transferencia de carga (pasadores, barras), el valor de J recomendado es de 3.8 a 4.4. Si se colocan en las juntas los elementos de transferencia de carga o se refuerza el espesor de la losa en el área de juntas, se recomienda J = 3.2.

#### COEFICIENTE DE DRENAJE (CD).

En la tabla que se adjunta, se dan los valores de CD recomendados, dependiendo de la calidad del sistema de drenaje proyectado y del tiempo, durante un año, en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación. Esta condición lógicamente dependerá del promedio de lluvias anuales y de las condiciones de drenaje prevalecientes.

Valores Recomendados para el Coeficiente de Drenaje, CD, para el Diseño de Pavimentos Rígidos

Porcentaje de tiempo, durante un año, en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación				
Calidad del Drenaje	Menor que 1%	1-5%	5- 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Buena	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy mala	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Ilustración 17. Coeficientes de drenaje.

Fuente: (AASHTO, 1993)

Una vez definidos los parámetros de diseño indicados, mediante el nomograma y/o la ecuación, que se presentan en la figura 7 y 8 (parte 1 y 2) se estima el espesor de losa requerido.

ECUACION DEL NOMOGRAMA:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7.85 \log_{10} D + 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta \text{ PSI}}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D+1)^{0.46}}} + (4.22 - 0.32 Z_R) \log_{10} \left[ \frac{S_o C_d \left[ D^{0.75} - 1.132 \right]}{215.83 W_{18} \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

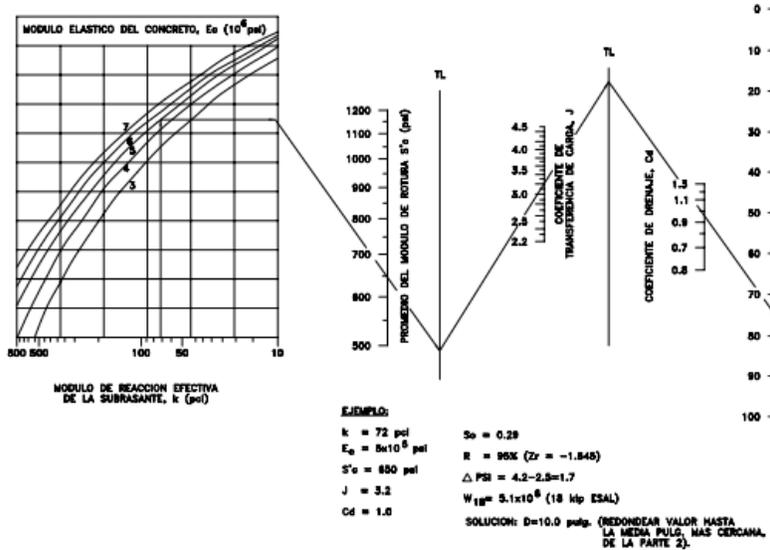


Ilustración 18. Carta de diseño para pavimentos rígidos.

Fuente: (AASHTO, 93)

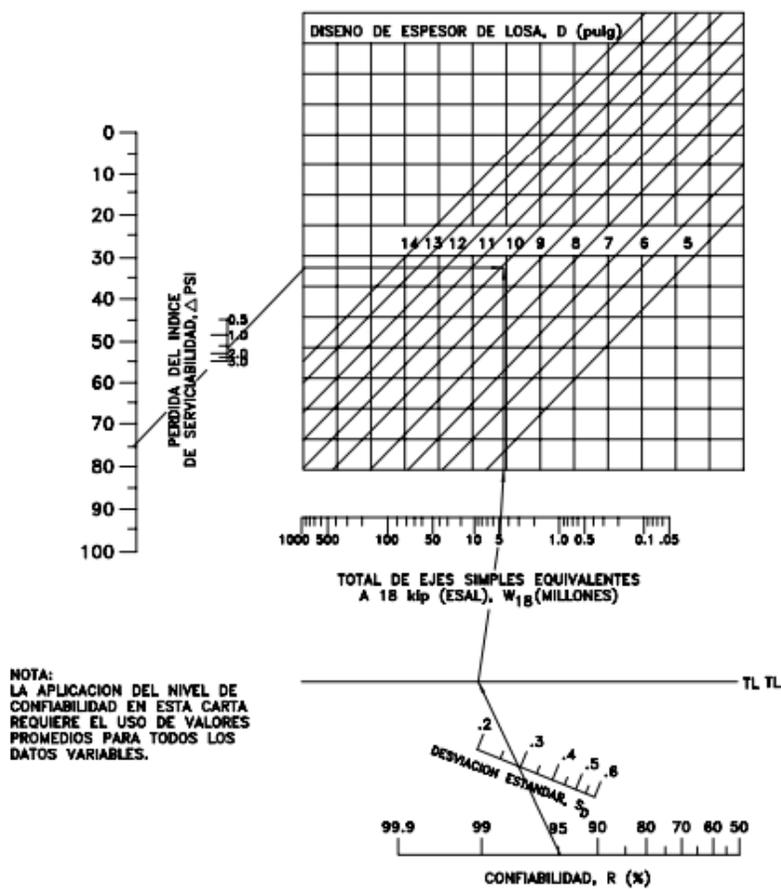


Ilustración 19. Continuación ilustración 18.

Fuente: (AASHTO, 93)

Para las condiciones reales existentes en el país es posible sugerir valores para algunas de las variables incluidas en el Nuevo Método AASHTO (1986-1993), pero para la mayoría de ellas se deben adoptar valores acordes a las características del proyecto en estudio.

Nivel de confiabilidad: en base a la clasificación funcional de la carretera y según se trate de urbanas o rurales, podrá variar de 50% a 99.9%. Para arterias principales se recomienda asumir R entre 85 y 90%. Para calzadas de bajo volumen de tránsito se recomienda R= 50%

( $N_{8.2} < 1.0 \times 10^6$  ejes). Para la desviación standard ( $S_o$ ) variables entre 0.30 y 0.40 para pavimentos rígidos, se recomienda adoptar un valor intermedio ( $S_o=0.35$ ).

Coefficiente de drenaje: su valor dependerá de las condiciones del sistema de drenaje proyectado (calidad del drenaje) y de las características hidrológicas y pluviométricas del lugar. Si bien el sistema de drenaje pudiera ser idealmente perfecto, considerando la posible falta de mantenimiento, se lo debe clasificar como bueno o regular.

Teniendo en cuenta las altas precipitaciones anuales, se debe considerar que es posible que la estructura del pavimento permanezca de un 5% a un 25% del año, expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación, consecuentemente se podría asumir  $C_d = 1.00$ .

Coefficiente de transferencia de cargas: considerando que se construirán las juntas transversales (de expansión y de contracción), las de construcción y las de articulación, no sólo munidas de los elementos de transferencia requeridos (pasadores, barras, etc.) sino también espaciadas o ubicadas donde corresponda, se recomienda adoptar para el coeficiente de transferencia de carga ( $J$ ) un valor de 3.2.

Pérdida de soporte: este valor es requerido para el cálculo del módulo de reacción efectivo de la subrasante. Su estimación tiene en cuenta la pérdida del valor portante de la subbase (ya sea por erosión y/o deformaciones diferenciales del suelo) o su inexistencia; pudiendo variar desde 0.0 (base granular tratada con cemento, límite inferior) a 3.0 (suelos naturales, expansivos, límite superior).

Se sugiere asumir  $LS = 1.0$ , que corresponde al rango superior de materiales tratados con cemento y al inferior de estabilizados con cal y materiales granulares sin tratar.

### 3.2.3 SERVICIO AUTÓNOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (SANAA)

#### DOTACIONES

Las dotaciones domésticas utilizadas se adoptarán conforme la clasificación residencial, que se muestra en la Tabla 3.1 del Anexo de Agua Potable. Generalmente se utiliza del 70% – 80% (como coeficiente de retorno) de la dotación por agua potable como aportación de aguas residuales por

persona. Sin embargo, este valor dependerá de factores tales como las costumbres de la comunidad, tipos de actividades que realizan, etc.

#### CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{doméstico}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{ilícito}} + Q_{\text{industrial}} + Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{inst.públicas}}$$

#### **Ecuación 13. Caudal de diseño.**

FUENTE: (SANAA, S. F.)

#### CAUDAL POR CONEXIONES ILÍCITAS

El valor del caudal por conexiones ilícitas será el 30% del Caudal medio diario a usar. NOTA: Tanto el caudal por infiltración como el caudal de conexiones ilícitas deberá de tomarse en cuenta para el diseño de colectores

#### CAUDAL DOMESTICO

$$Q_d = \frac{D * K_1 * H_1 * P}{86,400}$$

#### **Ecuación 14. Caudal doméstico.**

Fuente: (SANAA, s. f.)

Dónde: Qd = Caudal real en litros/segundo D = dotación (lppd)

K1= Coeficiente de retorno (varía según las condiciones de la población entre 0.70 a 0.80)

P = Población en miles de habitantes.

H1= Factor de Harmon menor o igual que 4 (relación del gasto máximo al gasto medio)

$$H_1 = 1 + \frac{14}{4 + P^{1/2}} \leq 4.0$$

#### **Ecuación 15. Factor de Harmon.**

Fuente: (SANAA, s. f.)

P= Población en miles de habitantes.

#### CAUDAL POR INFILTRACIÓN

El caudal de infiltración dependerá del tipo de tubería a utilizar, así tenemos que para tubería PVC, ADS RIBLOC, NOVAFORT utilizar un caudal de infiltración igual a 1.0 lt/seg/Km; en el caso que

SANAA autorice utilizar tubería de concreto el caudal de infiltración para concreto nuevo será de 1.2 lt/seg/Km; para concreto viejo de 1.5 lt/seg/Km. En el caso de infiltración en los pozos se utilizará un caudal igual a 0.004 l/s/tapadera.

Caudal Comercial, Caudal de Instituciones Públicas, Caudal por Infiltración para Concreto y PVC.

El valor del caudal de Instituciones Públicas, Caudal por Infiltración y Caudal Comercial depende del material que se esté utilizando, el cual puede ser PVC o Concreto.

#### POBLACIÓN DE DISEÑO

La población de diseño será la estimada para el periodo de diseño incluyendo las áreas de influencia. Se considera la población del total de las áreas según los planes reguladores vigentes; de no existir estos se considerará una población de saturación de 6 habitantes por unidad habitacional. Si hubiese tasa de crecimiento poblacional deberá calcularse la población en base a los métodos de proyección especificados en la Norma de Diseño de Agua Potable.

Nota: Cuando la población de saturación es mayor a la población futura, utilizar la población de saturación y si la futura es mayor a la de saturación entonces utilizar población futura.

#### PERÍODO DE DISEÑO

El período de diseño deberá ser de 20 años. Al final del período de diseño, las instituciones harán una revisión de los sistemas para verificar si se amplía o no las coberturas.

#### PUNTOS DE DESCARGA

En los puntos de descarga no debe ocasionarse ningún problema de carácter sanitario a las localidades situadas aguas abajo, por lo que se tomará en cuenta medidas de protección del cuerpo receptor. Cada descarga a un cuerpo receptor deberá de cumplir con las características físicas, químicas y bacteriológicas generales que establece las Normas Técnicas de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y alcantarillado Sanitario.

#### VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS

-La velocidad máxima será:

Para PVC  $\leq 5.0$  m/seg

Para Concreto  $\leq 3.0$  m/seg

-La velocidad mínima será de:

Para PVC  $\geq 0.40$  m/seg

Para Concreto  $\geq 0.60$  m/seg

NOTA: Cuando la velocidad sobrepasa la velocidad máxima considerar construir disipadores de energía

#### ESTIMACIÓN DE ÁREAS TRIBUTARIAS

Se considerará en el perímetro y las áreas adyacentes que sean tributarias al sistema por razones topográficas, demográficas y urbanísticas.

Tomar en cuenta en el diseño, al fijar la profundidad y capacidad de los colectores, las áreas de futura expansión que puedan llegar a ser tributarios al sistema.

#### PENDIENTES

La pendiente no será menor de 0.5%, ni mayor de 15% en las tuberías del sistema. Para las acometidas domiciliarias la pendiente mínima será de 2%. Cuando el terreno no permita pendientes menores de 15% se deberán usar anclajes cada 10 metros. El tipo de anclajes a utilizar deberá ser aprobado por SANAA.

#### CONTINUIDAD DE TUBERÍAS

El diámetro de cualquier tramo de alcantarillado sanitario será igual o mayor que el diámetro del tramo anterior aguas arriba y por ningún motivo podrá ser menor

#### POZOS DE INSPECCIÓN Y POZOS DE CAÍDA

Se usarán pozos de inspección en las siguientes condiciones:

1. En distancias que no sean superiores de 80 metros.
2. En todo cambio de alineamiento horizontal.
3. En todo cambio de alineamiento vertical.
4. Donde converjan dos o más tuberías del sistema.
5. En los puntos donde exista cambio de diámetro o material de la tubería.

La altura del pozo no será mayor de 4.50 metros ni menor de 1.50 metros, para paredes normales. Cuando la altura del pozo este entre 4.50 y 6.00 metros colocar paredes dobles desde la base del pozo hasta una altura de  $h/3$ .

#### PROFUNDIDADES

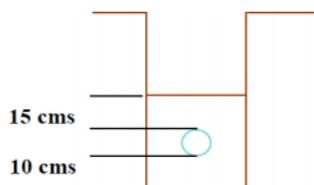
La Profundidad mínima será de:

- 1.5 m sobre la corona del tubo, en Calle Vehicular.
- 1.0m sobre la corona del tubo, en Calle Peatonal.

La Profundidad Máxima será hasta de 4.50 m hasta la invertida del tubo; para profundidades de 4.50 a 6.0 m sobre, la invertida del tubo se deberá hacer una protección especial a 4.50 m para tubería de concreto y 3.60 m para tubería de PVC.

#### MATERIAL SELECTO

Se usará una cama por lo general de 10 cm de material selecto y sobre la corona superior del tubo una capa de 15 cm. En casos especiales como ser en suelos muy ácidos o fangosos, se utilizará lo recomendado por el fabricante



**Ilustración 20. Esquema de relleno de tuberías.**

Fuente: (SANAA)

#### TIPO DE TUBERÍA

Los tipos de tubería que pueden ser utilizados son:

1. Tubería de PVC SDR-41, los números SDR pueden variar de 7 a 41. Un número SDR inferior indica que un tubo puede soportar más presión, un número más alto de SDR indica que un tubo puede soportar menos presión.

2. NOVAFORT, es una tubería de pared estructural, fabricada en un proceso de doble extrusión, pared interior lisa y exterior corrugada.

3. ADS, tubería de polietileno de alta densidad, de doble pared con exterior corrugado e interior liso para tubos de 4-60 pulgadas de diámetro, para utilizarse en sistemas de alcantarillado sanitario por gravedad.

4. RIBLOC, tubería estándar, consistente en una banda estructural pre-extruída que es enrollada helicoidalmente y enlazada por medios mecánicos y químicos para formar un tubo de estructura flexible.

DISTANCIA MÍNIMA A LA QUE DEBE ESTAR LA TUBERÍA DE AGUA POTABLE DE LA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

La distancia horizontal mínima a la que deberá estar la tubería de agua potable con respecto a la de alcantarillado sanitario es de 1.50 m, y la distancia vertical mínima a la que deberá estar la tubería de agua potable con respecto a la de alcantarillado sanitario es de 0.60 m.

### **3.3 MARCO CONCEPTUAL**

A continuación, se presenta un listado de terminologías con su significado respectivo que serán empleados a lo largo de este proyecto y que ayudarán a la comprensión del mismo.

#### 1) AGREGADO FINO

“Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4.75 mm) y contiene finos” (Garrido Salazar, s. f., pág. 25).

#### 2) AGREGADO GRUESO

“Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4.75 mm)” (Garrido Salazar, s. f., pág. 42).

### 3) ASFALTO

“Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo” (Padilla Rodríguez, s. f., pág. 1)

### 4) APLICACIÓN ASFÁLTICA

“Utilización del material asfáltico en sus distintas formas con o sin agregados” (Padilla Rodríguez, s. f., pág. 1).

### 5) BASE

“Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños” (Zapata ingenieros, s. f., pág. 1)

### 6) CAJAS DE REGISTRO

“Es una cámara o caja destinada para la inspección y limpieza de la tubería de recolección, ubicada en el interior del inmueble. Sirve para recoger las aguas residuales, pluviales o combinadas provenientes de los domicilios” (INNOVAR,2014, pág. 1).

### 7) CALICATA

“Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas” (Planificación Y Realización De Un Levantamiento De Suelos, s. f., pág. 1).

8) CARRETERA

“Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (Manual de carretera (Tomo 4), 1996, pág. 25).

9) CARRETERA PAVIMENTADA

“Carretera cuya superficie de rodadura está conformada con material bituminoso (flexible) o de concreto Portland (rígida)” (Crespo Villalaz, 2005, pág. 1).

10) CARRIL

“Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito” (Carreteras en Honduras, 2018, pág. 1).

11) CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

“Valor soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo” (Guevara Malpartida, 2001, pág. 26).

12) COMPACTACIÓN

“Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Portland” (Compactación de Suelo, s. f., pág. 1).

13) DENSIDAD DE POBLACIÓN

“Es la medida más tradicional y usada con mucha frecuencia para expresar el número de habitantes por kilómetro cuadrado. Se calcula dividiendo el número de habitantes de una zona

por la superficie total que tiene esa zona” (Instituto Nacional de Estadística Informática, 2006, p.19).

#### 14) PAVIMENTO

“Estructura construida sobre la sub rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por capas de sub base y base” (Giordani & Leone, s. f. pág. 2).

#### 15) PAVIMENTO FLEXIBLE

“Es aquel que está constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos” (Giordani & Leone, s. f., pág. 15).

#### 16) LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

“Permite trazar mapas o planos de un área, en los cuales aparecen las principales características físicas del terreno y las diferencias de altura de los distintos relieves, tales como valles, pendientes. Estas diferencias constituyen el perfil vertical” (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO),s/f, pág. 1).

#### 17) PENDIENTE

“Corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. A menudo, en este nivel la presión de agua del acuífero es igual a la presión atmosférica” (Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (UAH) , 2013, pág. 1).

#### 18) PERIODO DE DISEÑO

“Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable” (Centro Peruano de Estudios Sociales CEPES, s/f, pág. 1).

19) PERIODO DE RETORNO

“Número de años en que ocurre una intensidad de lluvia y que sirve como parámetro de diseño” (UNESCO, 2007, p. 34).

20) RASANTE

“Perfil del eje longitudinal de la superficie de pavimentación de la vía pública. También se define como el borde del límite de la vivienda” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35).

21) PERALTE

“Inclinación transversal del camino en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo” (Tecno Carreteras, 2014, pág. 1).

22) AFLUENTE

“Agua residual que ingresa a un proceso de tratamiento” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 27).

23) AGUAS RESIDUALES

“Desechos líquidos provenientes de residencias, instituciones, fábricas o industrias” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 27).

24) AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

“Desechos líquidos provenientes de los hábitos higiénicos del hombre en actividades domésticas” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 27).

25) AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

“Desechos líquidos provenientes de las actividades industriales” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 27).

26) ALCANTARILLADO

“Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de aguas residuales o pluviales” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 27).

27) ALCANTARILLADO SANITARIO

“Sistema compuesto por un solo tubo para todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 28).

28) ÁREA TRIBUTARIA

“Superficie que aporta hacia un tramo o punto determinado” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 28).

29) CAUDAL DE DISEÑO

“Caudal máximo horario doméstico de contribución de aguas residuales, además de los caudales adicionales por conexiones erradas, por infiltración y de descarga concentrada, se calcula para la etapa inicial y final del período de diseño” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 29).

30) CAUDAL POR INFILTRACIÓN

“Agua proveniente del subsuelo, adicional para el sistema separado y combinado” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 30).

31) COEFICIENTE DE RETORNO

“Porcentaje del caudal de agua potable que se asigna al caudal de aguas residuales” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 30).

32) CONEXIÓN DOMICILIARIA

“Tubería que transporta las aguas residuales y/o pluviales desde la cámara de inspección domiciliaria hasta un colector público” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 30).

### 33) CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

“Volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación, integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 30).

### 34) CONSUMO

“Volumen de agua potable recibido por el usuario en un período determinado” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 31).

### 35) CRITERIOS DE DISEÑO

“Datos básicos que permiten el diseño de una estructura o componente de un sistema” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 31).

### 36) DENSIDAD DE POBLACIÓN

“Número de personas que habitan dentro de un área tributaria determinada, generalmente expresada en hab/ha” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 31).

### 37) DIÁMETRO

“Medida interna real de conductos circulares” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 31).

### 38) DOTACIÓN

“Cantidad de agua promedio diaria por habitante que suministra el sistema de agua potable, expresada en litros por habitantes por día” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 32).

### 39) ESTACIÓN DE BOMBEO

“Conjunto de estructuras, instalaciones y equipos que permiten elevar el agua de un nivel inferior a otro superior, haciendo uso de equipos de bombeo” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 32).

#### 40) INSTALACIÓN SANITARIA DOMICILIARIA

“Conjunto de tuberías de agua potable, alcantarillado, accesorios y artefactos que se encuentran dentro de los límites de la propiedad” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 33).

#### 41) MANTENIMIENTO

“Conjunto de acciones internas requeridas, que se ejecutan en las instalaciones y equipos, para prevenir o reparar daños ocurridos en las mismas” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 33).

#### 42) PERIODO DE DISEÑO

“Lapso durante el cual se espera que las estructuras que se diseñan trabajen eficientemente” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 34).

#### 43) PERIODO DE RETORNO

“Número de años en que ocurre una intensidad de lluvia y que sirve como parámetro de diseño” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 34).

#### 44) POBLACIÓN INICIAL

“Población atendida en el año de inicio de operación de un sistema de alcantarillado sanitario” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 34).

#### 45) POBLACIÓN FINAL

“Población atendida en el año de alcance de proyecto” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 34).

#### 46) POBLACIÓN SERVIDA

“Número de habitantes que son servidos por un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 34).

47) POBLACIÓN FLOTANTE

“Número de habitantes que frecuenta en determinadas épocas del año el área comprendida por el proyecto, que es significativo para el dimensionamiento de un proyecto de recolección y evacuación de aguas residuales” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35).

48) POZO DE SUCCIÓN

“Tanque o estructura dentro del cual las aguas son extraídas por bombeo” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35).

49) PROFUNDIDAD DEL COLECTOR

“Diferencia de nivel, entre la superficie del terreno o de la rasante de la vía y la solera del colector” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35).

50) RAMAL CONDOMINIAL

“Tubería que recolecta aguas residuales de un conjunto de edificaciones que descarga a la red pública en un punto” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35).

51) RED PÚBLICA

“Conjunto de tuberías que reciben las aguas residuales de ramales condominiales o conexiones domiciliarias” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35).

52) RASANTE

“Perfil del eje longitudinal de la superficie de pavimentación de la vía pública. También se define como el borde del límite de la vivienda” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35).

53) SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Conjunto de colectores secundarios, principales, interceptores, emisarios, bombeo, cámaras de inspección, terminales de limpieza y tubos de inspección y limpieza, que recogen y transportan aguas residuales hasta la planta de tratamiento o disposición final. Denominado también sistema

de recolección y evacuación de aguas residuales. (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35)

#### 54) TRAMO

“Colector comprendido entre dos cámaras de inspección o pozos de visita” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 36).

#### 55) TRAMOS INICIALES

“Tramos de colectores que dan comienzo al sistema de alcantarillado” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 37).

#### 56) TUBO O TUBERÍA

Conducto prefabricado, o construido en sitio, de hormigón simple, hormigón armado, plástico, poliuretano de alta densidad, fierro fundido, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumpla con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular. (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 37)

### **3.4 MARCO LEGAL**

#### 3.4.1 LEY Y REGLAMENTO DE MUNICIPALIDADES

DECRETO NÚMERO 134-90 EL CONGRESO NACIONAL.

DECRETA:

LA SIGUIENTE

LEY DE MUNICIPALIDADES

**ARTÍCULO 13.-** (Según Reforma por Decreto 48-91) Las municipalidades tienen las atribuciones siguientes:

1. Elaboración y ejecución de planes de desarrollo del municipio;
2. Construcción y mantenimiento de vías públicas por sí o en colaboración con otras entidades;
3. Mantenimiento, limpieza y control sobre las vías públicas urbanas, aceras, parques y playas que incluyen su ordenamiento, ocupación, señalamiento vial urbano, terminales de transporte urbano e interurbano. El acceso a estos lugares es libre, quedando, en consecuencia, prohibido cualquier cobro, excepto cuando se trate de recuperación de la inversión mediante el sistema de contribución por mejoras legalmente establecido.

#### 3.4.2 LEY MARCO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

### **ACUERDO EJECUTIVO NÚMERO 1567-2010**

CONSIDERANDO: Que la Ley General del Ambiente establece que a las municipalidades les corresponde la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección ambiental en los centros de población, en relación con los efectos derivados de los servicios de alcantarillado, limpieza, recolección y disposición de basuras, mercados, rastros, cementerios, tránsito vehicular y transporte locales. (CUELLAR CRUZ & BENDAÑA PINEL, 2010, p. 1)

### **LEY MARCO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

#### **PODER LEGISLATIVO**

### **DECRETO No. 118-2003**

## **IV. METODOLOGÍA**

Una vez descrita la problemática y el análisis particular del entorno donde se realizarán estos proyectos detallados en las secciones anteriores procederemos a realizar el análisis de nuestras variables de investigación y metodología de estudio. El siguiente capítulo pretende hacer una descripción de las variables de operacionalización dependientes e independientes y posterior descripción de la metodología de estudio.

### **4.1 ENFOQUE**

El desarrollo del proyecto realizado se define con un enfoque cuantitativo secuencial y probatorio en el que cada etapa precede a la siguiente y bajo los lineamientos del método científico clásico para plantearse un problema, crear hipótesis, experimentación, análisis de datos y sacar conclusiones.

### **4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

La siguiente (v. tabla 1) resume puntos clave de operacionalización del proyecto como ser el Problema principal del mismo, se destacan otros aspectos como ser el objetivo general y objetivos específicos. Se clasifican las variables independientes y la variable dependiente del proyecto.



**Tabla 5. Variables de Operacionalización.**

<b>Título:</b> DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN LAS COMUNIDADES DE LA VEGA Y LA PALCA, SANTA BÁRBARA.					
<b>Problema</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Preguntas de Investigación</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variables Independientes</b>	<b>Variables Dependientes</b>
¿Con que características de diseño se cumplirán los requisitos y recomendaciones del pavimento asfáltico de 5.2 km de longitud en el municipio de San Francisco de Ojuera, Santa Bárbara?	Elaborar el diseño carretero y el alcantarillado sanitario de tramos de 270 metros y 280 metros en los cascos urbanos de las comunidades de La Vega y La Palca respectivamente.	¿Cuál sería el tipo de sistema de saneamiento adecuado a implementar según las limitantes en el lugar?	Definir el sistema de saneamiento adecuado según las limitantes del terreno.	Topografía	Diseño De Pavimento Rígido y Alcantarillado Sanitario En Las Comunidades De La Vega y La Palca, Santa Bárbara.
		¿Qué cantidad y a qué profundidad deben estar los pozos de inspección en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario?	Calcular la cantidad y profundidad de pozos de inspección que debe tener el sistema basándose en las normas del SANAA.	Características de los pozos	
		¿Qué material y diámetro de tubería serán necesarios para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario?	Definir el tipo y diámetro de tuberías requerido para el S.A.S.	Características de las tuberías	
		¿Qué tipo de características debe de tener el diseño de pavimentación hidráulico según las restricciones de la zona?	Realizar el diseño estructural óptimo según las normativas de AASHTO 93.	Espesores de Carpetas	

**Continuación Tabla 5...**

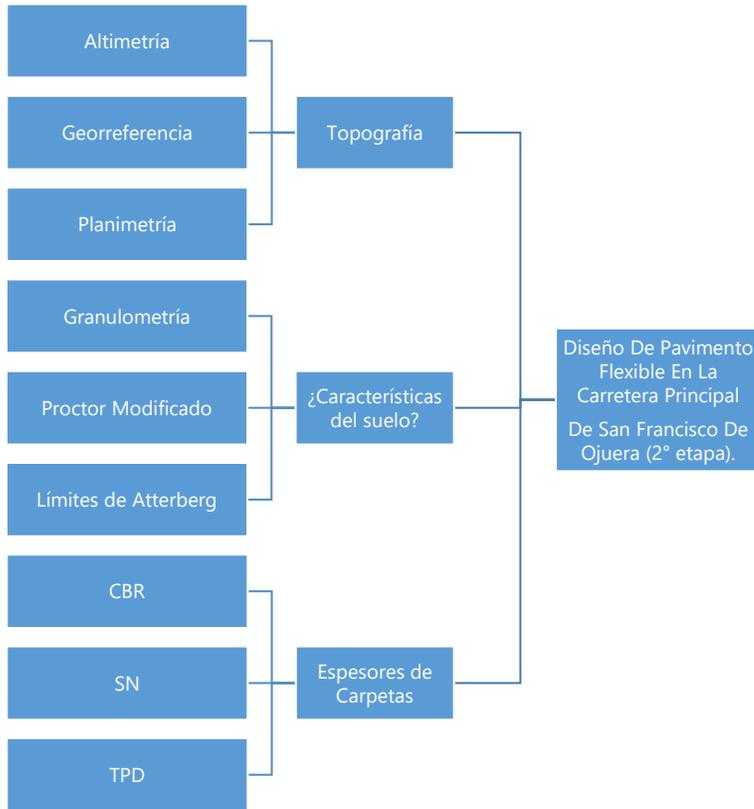
¿Con que características de diseño se cumplirán los requisitos y recomendaciones del pavimento asfáltico de 5.2 km de longitud en el municipio de San Francisco de Ojuera, Santa Bárbara?	Elaborar el diseño carretero y el alcantarillado sanitario de tramos de 270 metros y 280 metros en los cascos urbanos de las comunidades de La Vega y La Palca respectivamente.	El suelo existente, ¿Es óptimo para la base?  ¿A qué valor en lempiras, asciende el costo de los proyectos de sistema de alcantarillado sanitario y pavimentación hidráulica en las aldeas La Palca y La Vega?	Realizar un estudio de suelos y determinar su aptitud como material de subestructura.  Estimar el costo en lempiras del proyecto de alcantarillado sanitario y pavimentación hidráulica de los tramos.	¿Características del suelo?	Diseño De Pavimento Rígido y Alcantarillado Sanitario En Las Comunidades De La Vega y La Palca, Santa Bárbara.
---	---	--	--	-----------------------------	--

Fuente: (Propia)

**4.2.1. DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN**

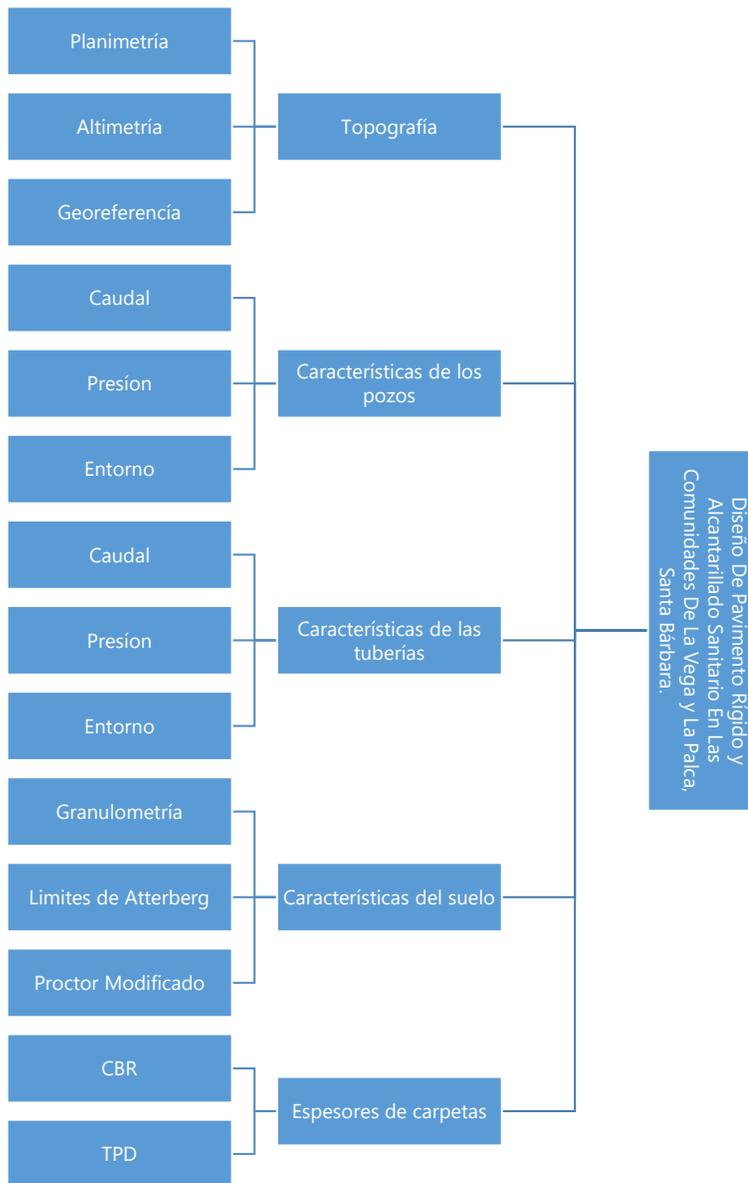
El diseño estructural de la carretera será la variable dependiente en consecuencia de ser el resultado final del proyecto. Las variables independientes son aquellas que al modificarse cambia nuestro resultado como ser, la población y la topografía del lugar.

**Tabla 6. Diagrama de variables de operacionalización.**



Fuente: (Propia)

**Tabla 7. Diagrama de las variables de Operacionalización La Vega/La Palca.**



Fuente: (Propia)

#### 4.2.2 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN

**Tabla 8. Diagrama de las variables de operacionalización.**

Variable Independiente	Definición					
	Conceptual	Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Unidades
Topografía	Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.	Por medio de la topografía podemos conocer la rasante factible para un óptimo diseño.	Elevación	Coordenada Z	¿Cuál es la elevación de los puntos?	Metros
			Posición	Coordenadas X, Y	¿Cuál es la posición de los puntos?	Metros
¿Características del Suelo?	Se refiere a la agrupación con un rango de propiedades similares (químicas, físicas y biológicas) a unidades que puedan ser geo-referenciadas y mapeadas.	Mediante esta clasificación se determina el tipo de material que existe en el sitio	Ensayo Granulométrico, Ensayo de Límites de Atterberg	TMA, TMN Limite Líquido Limite Plástico	¿Cómo se clasifica el suelo?	
Grado de compactación del suelo	Es la densificación del suelo por medios mecánicos. El objetivo, mejorar la resistencia y estabilidad volumétrica, afectando la permeabilidad, como consecuencia del proceso de densificación de la masa.	Demuestra si el suelo es apto para ser utilizado como sub base estructural de la carpeta de rodadura asfáltica.	Ensayo Próctor Modificado	¿Cuál es el grado de compactación?	¿Se encuentra en un rango aceptable para ser utilizado?	

Continuación Tabla 9...

Variables Independientes	Definición					
	Conceptual	Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Unidades
Espesor de capas estructurales	Prueba de penetración del suelo para comprobar sus características Mecánicas.		Ensayo PDC y CBR	Espesor de capas	Capacidad de Carga del Suelo	Kilogramos / Metro Cubico
Geometría	Es una parte de las matemáticas mediante la cual se estudian las propiedades y las medidas de las figuras en el plano y en el espacio.	Por medio de la geometría podemos conocer el alineamiento del diseño del tramo carretero tanto curvas horizontales como verticales.	Posición y Elevación	Sistema de coordenadas Transversal Mércator Elipsoide WGS-84 zona 16N	¿Cuál es la ubicación georreferenciada de los puntos de intersección de la carretera?	Metros Lineales

Fuente: (Propia)

**Tabla 9. Diagrama de las variables de operacionalización.**

Variables Independientes	Definición					
	Conceptual	Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Unidades
Topografía	Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.	Por medio de la topografía podemos conocer la rasante factible para un óptimo diseño.	Elevación	Coordenada Z	¿Cuál es la elevación de los puntos?	Metros
			Posición	Coordenadas X, Y	¿Cuál es la posición de los puntos?	Metros
Población	Conjunto de seres vivos que habita en un determinado lugar.	Dependiendo de la población así será el diseño del alcantarillado aumentando diámetros.	Habitantes por vivienda.	Número de personas que sugiere la norma del SANAA	¿Qué número de personas se toma por vivienda?	Número de Personas
Pendiente	Declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal de una vertiente.	La pendiente determinará la velocidad en cada tubería y el diámetro.	Altura	El punto más alto del terreno	¿Cuál es el punto más alto del terreno?	Metros
			Longitud	¿Qué longitudes de pozo a pozo existen?	¿Cuántos metros lineales de tubería?	Metros
Profundidad	La profundidad del pozo se determina a través de la cota de soler, distancia entre niveles máximo y mínimo.	La altura de cada pozo está relacionada entre si y entre los puntos más altos y más bajos.	Ensayo PDC y CBR	¿Cuál es la altura del pozo anterior?	¿Cuál es el pozo más alto?	Metros
Tubería	Conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos.	Recolectar y transportar las aguas residuales hacia las pilas de tratamiento.	Caudal	Población	¿Cuántos habitantes hay por vivienda?	Metros
				Dotación	¿De cuánto será la dotación por persona?	Lineales
			Presión	Diámetro de Tubería	¿Cuál es el diámetro de la tubería?	
				Entorno	Aéreo Subterráneo	¿Ubicación de la tubería?

Fuente: (Propia)

### 4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Las técnicas e instrumentos utilizados con el objetivo de obtener información necesaria para el análisis y diseño de dichos proyectos se detallan a continuación.

#### 4.3.1 INSTRUMENTOS

##### 1) ESTACIÓN TOTAL: TRIMBLE M3

Es un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Se utiliza para medir ángulos horizontales, verticales y distancias. (Geotop, 2019)



**Ilustración 21. Estación Total Trimble M3**

Fuente: (Propia)

Al incluir el software de campo Trimble Access™, la Trimble M3 combina la confiabilidad de una estación total mecánica con el potente software funcional y modular que los usuarios modernos necesitan en la actualidad. Diseñado para respaldar sus tareas cotidianas, incluyendo levantamientos topográficos, replanteos, trabajos de control y muchos más, Trimble Access ofrece una interfaz familiar y fácil de usar que garantizará una productividad inmediata a través de poderosas herramientas de captura de datos y de cálculo para lograr resultados rápidos en el campo. (Geotop, 2019)

2) PRISMA "TRIMBLE STYLE RTS/RPT" 360 ROBÓTICA 2MM.

El prisma de 34900 "Trimble Style RTS / RPT" de Omni tiene ocho prismas unidos entre sí, lo que lo convierte en un prisma robótico de 360 °. También está equipado con un adaptador 5 / 8-11 en la parte superior e inferior.

Características:

- 9,4 mm de desplazamiento
- Adaptador 5 / 8-11 en la parte superior e inferior
- Prisma reflectante 360 °
- Ocho prismas unidos entre sí



**Ilustración 22. Prisma "Trimble Style RTS/RPT" 360 robótica 2mm.**

Fuente: (Propia)

3) CINTA MÉTRICA COBRA METALICA 7.5 MTS.

Instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También se puede medir líneas y superficies curvas. Las cintas se fabrican de diferentes materiales y diferentes longitudes.



**Ilustración 23. Cinta métrica COBRA metalica 7.5 Mts.**

Fuente: (Propia)

4) CINTA MÉTRICA TRUPER FIBRA DE VIDRIO 100.00 MTS.

Cinta métrica de fibra de vidrio marca Truper de construcción durable y resistente a impactos, manija uso rudo de retractilad muy ligera, graduada por ambos lados con centímetros-metros y pulgadas-pies. Ideal para topógrafos, arquitectos, lotificadores de terrenos etc.



**Ilustración 24. Cinta métrica TRUPER fibra de vidrio 100.00 Mts.**

Fuente: (Propia)

5) COPA DE CASAGRANDE



**Ilustración 25. Copa de Casagrande.**

Fuente: (Propia)

La cuchara de Casagrande, también llamada copa de Casagrande, es un instrumento de medición utilizado en geotecnia e ingeniería civil, para determinar el límite líquido de una muestra de terreno.

6) HORNO

Los hornos han sido diseñados para generar y mantener una temperatura controlada en su interior, con una gran variedad de aplicaciones. Operan en rangos de temperatura desde 40°C hasta los 120, 170 o 250°C (en modelos especiales). Un control de temperatura inteligente ofrece una estabilidad de  $\pm 1.0^\circ\text{C}$ . El interior está fabricado de acero inoxidable resistente a altas temperaturas, y recubierto con fibra de vidrio como aislante térmico.



**Ilustración 26. Horno.**

Fuente: (Propia)

#### 7) PALA

Herramienta para cavar y para recoger y trasladar materiales, en especial blandos o pastosos como arena o tierra, que consiste en una pieza plana de metal, madera o plástico, rectangular o trapezoidal, con los cantos más o menos redondeados, y normalmente algo cóncava, que está sujeta a un mango largo.



**Ilustración 27. Pala.**

Fuente: (Propia)

#### 8) TARAS METÁLICAS

Recipientes de material resistente a la corrosión y cuya masa no cambia con repetidos calentamientos y enfriamientos. Producto que sirve para proteger, manipular, y distribuir cualquier sustancia, líquido, muestra, etc. Las taras se emplearon para el manejo y pesado de la muestra asfáltica. No se presentaron limitantes.



**Ilustración 28. Tara Metálica**

Fuente: (Propia)

#### 9) BALANZA ELECTRÓNICA

Se utiliza la balanza electrónica para conocer el peso en gramos de la muestra. La balanza como siempre debe trabajar con aproximación de 0,1 g o 0,1 % del peso de la muestra. La limitante que presento este instrumento radica en la precisión de esta.



**Ilustración 29. Balanza Electrónica.**

Fuente: (Propia)

#### 10) JUEGO DE TAMICES

Recipientes que contienen mallas metálicas de diversos tamaños para poder separar una muestra de suelo por el tamaño de sus partículas. En los tamices se coloca la cantidad de muestra que se va a analizar en el laboratorio.



**Ilustración 30. Juego de tamices.**

Fuente: (Propia)

#### 11) MAZO DE GOMA

Mazo. Herramienta de mano que sirve para golpear o percutir objetos. Tiene la misma forma de un martillo, pero es de mayor tamaño y peso. Por lo tanto, podría decirse que es un tipo de martillo.



**Ilustración 31. Mazo de goma.**

Fuente: (Propia)

#### 12) GPS GARMIN DAKOTA 10

Es un sistema de navegación basado en 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo), en órbita sobre el planeta tierra que envía información sobre la posición de una persona u objeto en cualquier horario y condiciones climáticas. GPS de alta sensibilidad con predicción de satélites HotFix™ y un mapa base mundial.



**Ilustración 32. GPS Garmin Dakota 10.**

Fuente: (Propia)

### 13) CUCHARA

Herramienta que consiste de una hoja flexible de metal con agarradera o mango con punta redondeada y se utiliza para tomar pequeñas cantidades de compuestos que son, básicamente, polvo. No presento limitantes.



**Ilustración 33. Cuchara.**

Fuente: (Propia)

### 14) AGITADOR MECÁNICO

Aparato agitador que hace un movimiento circular y con un brazo le da golpes a la parte superior de los tamices, imitando el movimiento que se hace manualmente. Este equipo se utilizó para poder separar las partículas de la muestra por su tamaño de manera mecánica. No se presentaron limitantes.



**Ilustración 34. Agitador Mecánico.**

Fuente: (Propia)

15) BANDEJA

Una bandeja es una pieza plana o levemente cóncava, de metal, plástico u otro material, que se utiliza para servir, presentar, depositar o transportar cosas. Para este ensayo de laboratorio la bandeja se utilizó para realizar el procedimiento de cuarteo de la arena. No se presentaron limitantes.



**Ilustración 35. Bandeja.**

Fuente: (Propia)

16) ALMÁGANA TRUPER

Mazo de hierro con un mango largo para romper piedras.



**Ilustración 36. Almágana TRUPER.**

Fuente: (Propia)

#### 17) SEWERUP

Software para diseño de redes de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial, fácil de usar, que dispone de todas las prestaciones profesionales posibles. Ha sido concebido para ser de uso intuitivo y sencillo. Sirve tanto para realizar nuevos diseños como para modelar sistemas existentes. En tiempos mínimos se pueden obtener diseños óptimos y planos definitivos listos para la ejecución de la obra.

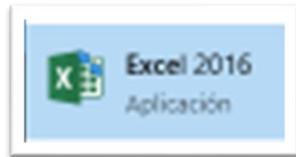


**Ilustración 37. SewerUp**

Fuente: (Propia)

#### 18) MICROSOFT EXCEL

Microsoft Excel es una aplicación de hojas de cálculo que forma parte de la suite de oficina Microsoft Office. Es una aplicación utilizada en tareas financieras y contables, con fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación.



**Ilustración 38. Microsoft excel.**

Fuente: (Propia)

19) AUTODESK CIVIL 3D

El [AutoCAD](#) Civil3D es una herramienta de diseño y cálculo muy útil en el desarrollo de diseño de sitio, diseño urbanístico, carreteras, movimiento de tierras, cálculo topográfico, replanteo de información, etc.

La principal característica del programa es que está diseñado por [Autodesk](#) para que todos los componentes del diseño estén relacionados, los objetos al ser modificados automáticamente regeneran el diseño y recalculan la información en tablas y perfiles, todo esto nos ayudará a la hora de hacer cambios en nuestra propuesta sin tener que rehacer todo el proyecto de nuevo.



**Ilustración 39. Autodesk civil 3D**

Fuente: (Propia)

20) COLECTORA TRIMBLE NOMAD 900

La computadora de mano robusta para exteriores Trimble Nomad serie 900 facilita la recopilación, el almacenamiento y la transmisión de datos con sus múltiples capacidades integradas. Usted elige las características para satisfacer sus necesidades. Calcule su ubicación con el receptor GPS integrado para aplicaciones de navegación. Rastree rápidamente sus activos con el escáner de códigos de barras láser integrado.



**Ilustración 40. Colectora Trimble nomad 900**

Fuente: (Propia)

#### 4.3.2 TÉCNICAS

Las técnicas a utilizar serán las siguientes:

- 1) Visita de campo, para reconocer el lugar y realizar levantamiento topográfico.
- 2) Asesorías de parte de los asesores temáticos.
- 3) Reuniones en persona y comunicación telefónica constante con personal de la Corporación Municipal de San Francisco de Ojuera.
- 4) Ensayos de laboratorio para la realización de pruebas mecánicas de suelos, incluyendo:  
Granulometría del suelo, Límites de Atterberg, Ensayo de Próctor Modificado y CBR

##### a) GRANULOMETRÍA

Objetivos

- Definir el módulo de finura de la arena.
- Conocer el TMA nominal de la grava.

Procedimiento:

- Sacar la muestra y colocarla en el piso.

- Realizar el cuarteo de la muestra, este paso consiste en dividir la muestra de suelo con la pala en dos y luego estas dos partes en otras dos, quedándonos la muestra en cuatro partes.
- Se elige un cuarto del material y su cuarto opuesto para sacar material de adentro hacia afuera para el análisis.
- Realizar arreglo de tamices en el siguiente orden: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, #10, #40, #200, fondo. Dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura, colocando al final el fondo.
- Pesarse la muestra de suelo a analizar, pero se debe quitar el peso del recipiente en el que se está pesando.
- Verter la muestra de agregado y llevar los tamices al vibrador.
- Esperar 15 minutos.
- Vaciar tamiz por tamiz en la bandeja metálica limpiando con el cepillo metálico o una brocha de forma de no dejar residuos en los tamices.
- Con el porcentaje pasado de cada material calcular la combinación que se necesita, la cual se muestra en la Tabla #5.

b) LÍMITES DE ATTERBERG

Objetivo:

- Calcular el límite líquido y el límite plástico.
- Determinar el índice de plasticidad.

Procedimiento

- Desmenuar los grumos de la muestra con el mazo de hule.
- Pasar la muestra por el tamiz No. 40 y tomar 300 g de lo que pasa el tamiz 40.
- Se agrega agua destilada a la muestra hasta que tenga una consistencia moldeable.
- Colocar marial en la copa de Casagrande.
- Usar el ranurador para pasarlo por toda la copa dejando una división en el centro de la muestra.
- Se gira la palanca para dar golpes hasta que los dos lados de la muestra se toquen.

- Se coloca muestra al horno por 24 horas a  $110 \pm 5$  °C.
- Se vuelve a repetir el procedimiento 5 para 25 y 12 golpes.
- Se toma del material y se moldean cilindros de 3 mm en el vidrio esterilizado.
- Se hacen varios cilindros hasta llegar a 20 gramos.
- Se coloca las muestras al horno 24 horas a  $110 \pm 5$  °C.

c) PRÓCTOR MODIFICADO

Objetivo:

- Determinar peso específico seco máximo.
- Determinar el contenido de humedad óptimo de la muestra.
- Utilizar el material seco con el martillo de hule romper las partículas más grandes.

Procedimiento

- Pasar el material por el tamiz #4, luego pesarlo.
- Agregar agua 200ml y 100ml al material.
- Depositar 5 capas del material en el molde, asegurarlo con el collarín.
- Golpear el suelo con el martillo Próctor 25 veces.
- Quitar el collarín y colocar el material en el molde y pesarlo nuevamente.
- Sacar el material del molde desarmarlo y tomar una muestra de por lo menos de 80 gramos y llevarlo al horno.
- Repetir el procedimiento agregando cada vez cierta cantidad de agua adicional hasta que uno de los valores sea mayor al anterior.

#### 4.4 MATERIALES

AGUA DESTILADA

Cuya composición se basa en la unidad de moléculas H<sub>2</sub>O y ha sido purificada mediante destilación. La destilación es la operación de separar, mediante vaporización y condensación en

los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada una de las sustancias.

#### MUESTRAS DE SUELO

Muestras de suelo tomadas in-situ por medio de calicatas.

### **4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

Debido a la naturaleza cuantitativa de estos proyectos en los que se consideran elementos medibles y valores numéricos se describe a continuación el tipo de metodología de estudio.

#### 4.5.1 TIPO DE DISEÑO

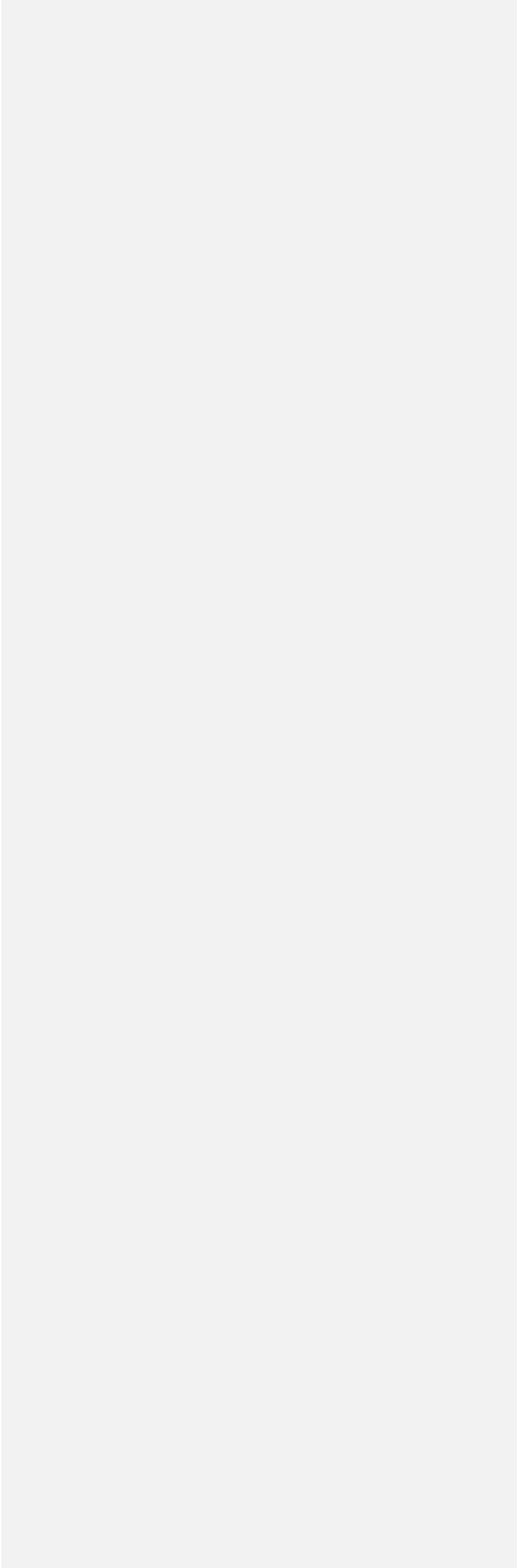
En el presente proyecto se consideran medibles los valores numéricos por lo cual el enfoque a utilizar será un enfoque de tipo cuantitativo. Al trabajar enmarcado con variables independientes se obtiene libertades al estas ser manipulables. Realizar el diseño de la carretera pavimentada es el objetivo principal del alcance de este proyecto. El tipo de muestra es no probabilística. Las técnicas utilizadas fueron el levantamiento topográfico, análisis de compactación de suelos según ensayo Próctor modificado y clasificación de suelos utilizando granulometría y límites de Atterberg según normativa AASHTO '93.

**Tabla 7. Tipo de Diseño**



Fuente: (Propia)

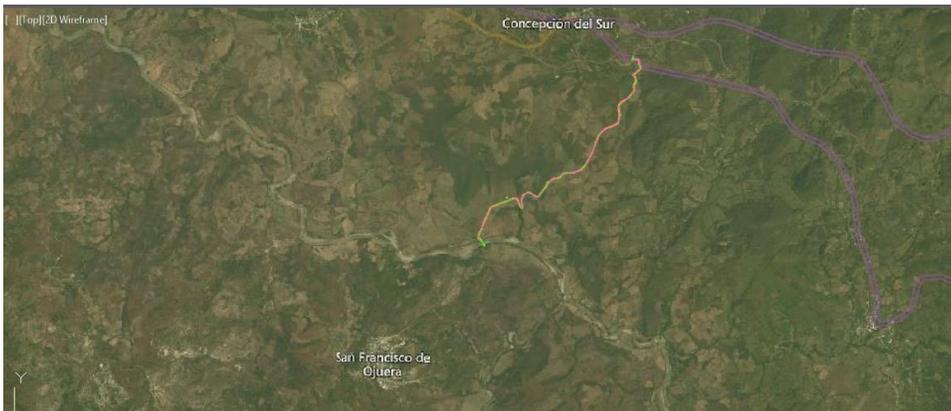
**4.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**



## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1 SAN FRANCISCO DE OJUERA

#### 5.1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO



Fuente: (Autocad Civil 3D)

- Coordenadas UTM:  
Este: 626265.8  
Norte: 1633260.8  
Zona: 45
- Longitud exacta total: 5,175 metros
- Velocidad de diseño: 40 km/h
- Ancho de carril: 3.25 metros
- Número de carriles: 2

#### 5.1.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico se realizó haciendo uso de estación total Trimble M3, prisma Trimble Style RTS/RPT y colectora Trimble Nomad 900. El levantamiento topográfico consto de 1,541 puntos (v. Anexo 1), realizado con los objetivos siguientes:

- Determinar los linderos y colindancias del tramo donde se realizará el proyecto.

- Realizar secciones transversales para determinar sus niveles.
- Realizar secciones transversales tomando los bordes de vía y ejes, para cálculo de volúmenes y diseños.

### 5.1.3 ANÁLISIS DEL SUELO

A continuación, se presenta el resultado de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelo. Importantes para el diseño estructural de la vía ya que nos permitirán clasificar y determinar las características del suelo en la zona del proyecto.

#### 5.1.3.1 GRANULOMETRÍA

Principalmente se obtuvieron los pesos retenidos acumulados vertiendo los retenidos dentro de la tara de aluminio que tuvo un peso de 292.3 g. Para sacar los retenidos dentro de cada tamiz se utilizó la siguiente fórmula:

$$Wr(actual) = Wra(Anterior) - Wra(Actual)$$

Se sumó todos los retenidos para poder obtener el valor total de toda la muestra para luego calcular el porcentaje del retenido acumulado por medio de esta fórmula:

$$\%Wra = \frac{Wra}{Wr_{total}} * 100$$

Para poder completar el análisis granulométrico se calcula el porcentaje que pasa por cada tamiz usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%Wra$$

Por consiguiente, los valores obtenidos durante el ensayo se organizan y se tabulan de la siguiente manera (v. Tabla 10). Esta tabla servirá de guía para poder resolver por los diámetros D10, D30, y D60 para cálculos posteriores del ensayo.

Se recomienda poder tomar estos datos organizadamente para no confundirlos ya que son un gran número de tamices. Si el número de tamices aumenta, los datos aumentan y llevar el control ordenadamente ayuda a que los datos sean claros y concisos.

Se comenzó con una muestra de 1,499.7 gr, pero se obtuvo una muestra de 1,497.2 gr al final, el cual nos dio un error de 0.16%. Este porcentaje de error se consiguió por medio de la fórmula del error:

$$\varepsilon = \frac{\text{Valor Real} - \text{Valor Calculado}}{\text{Valor Real}} * 100$$

Los resultados del ensayo de granulometría realizado se detallan a continuación (v. Tabla 12.)

**Tabla 10. Resultados Granulometría SFO.**

<b>Tamiz No.</b>	<b>Tamaño Tamiz (mm)</b>	<b>Peso Retenido (Wr)</b>	<b>Peso Retenido Acumulado (Wra)</b>	<b>% Retenido Acumulado (%Wra)</b>	<b>% que pasa</b>
1"	25	0	0	0%	100%
1/2 "	12.57	48.59	48.59	3.24%	97%
3/8"	9.5	86.33	134.92	9.01%	91%
No. 4	4.75	303.06	437.98	29.25%	71%
No. 10	2	456.58	894.56	59.74%	40%
No. 40	0.42	413.34	1307.9	87.35%	13%
No. 200	0.075	146.3	1454.2	97.12%	2.88%
Fondo		43,0	1497.2	100%	0%
Total		1497.2			

Fuente: (Propia)

Tamaño de la muestra: 1497.2 gr.

DETERMINAR LOS D10, D30 Y D60

Luego de obtenerse los porcentajes que pasan por cada tamiz se procede a calcular los D10, D30 y D60. Para esto, se necesita interpolar utilizando los valores que nos dio durante el ensaye.

Para ubicar los diámetros se necesita localizar los dos tamices cuyo porcentaje cruza el 10%, 30% y el 60%. En este caso el 10% de la muestra pasa entre los tamices No. 40 (0.42 mm) y

No. 200 (0.075) (v. Tabla 10). El 30% pasa entre los tamices No. 10 (2 mm) y No. 40 (0.42 mm) y el 60%, pasa entre los tamices No. 4 (4.75 mm) y No. 10 (2 mm).

Se procede a realizar la interpolación usando los diámetros conocidos de los tamices y el porcentaje que pasa por cada uno de ellos. Se utilizó la siguiente fórmula:

**Ecuación 16. Interpolación para encontrar el D10, D30 y D60**

$$\frac{(D1 - Dx)}{(P1 - Px)} = \frac{(D1 - D2)}{(P1 - P2)}$$

Fuente: (MTC E 107-2000)

**Tabla 11. Determinación del D10**

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D10 (Dx)
0.075	2.88	0.42	13	10	0.32

Fuente: (Propia)

Se realiza el mismo procedimiento de cálculos para los Diámetros restantes.

**Tabla 12. Determinación del D30**

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D30 (Dx)
0.42	13	2	40	30	1.41

Fuente: (Propia)

**Tabla 13. Determinación del D60**

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D60 (Dx)
2	40	4.75	71	60	3.78

Fuente: (Propia)

DETERMINAR LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA

La siguiente parte de los cálculos de la granulometría es sacar los coeficientes de uniformidad y curvatura. Una vez calculados los diámetros importantes de este análisis se calcula ambos coeficientes utilizando las siguientes ecuaciones:

$$C\mu = \frac{D60}{D10}$$

**Ecuación 17. Coeficiente de uniformidad.**

Fuente: (Propia)

$$Cz = \frac{D30^2}{D10 * D60}$$

**Ecuación 18. Coeficiente de curvatura.**

Fuente: (Propia)

**Ecuación 19. Determinación de los coeficientes de Uniformidad y Curvatura.**

<b>D10</b>	<b>D30</b>	<b>D60</b>	<b>Coeficiente de Uniformidad (Cμ)</b>	<b>Coeficiente de Curvatura (Cz)</b>
0.32	1.41	3.78	11.81	1.64

Fuente: (Propia)

**CONCLUSIONES**

Por medio de la granulometría se puede concluir los diferentes porcentajes del tipo de suelo. Hay presencia de ~~29.9%~~ de gravas, ~~68.8%~~ de arenas y 2.88% de finos (v. Tabla 10). A simple vista el suelo con el que estamos tratando es un **suelo arenoso**. Con estos porcentajes se concluye que hay más presencia de arenas en el suelo.

Si comparamos los coeficientes con las condiciones que SUCS provee se puede concluir que el suelo está bien graduado. El coeficiente de Uniformidad está dentro de la condición, el valor calculado de 11.81 es mayor que seis. Por otro lado, el Coeficiente de Curvatura, que dio 1.64, está entre uno y tres. Si una de estas dos condiciones falla automáticamente el suelo se considera mal graduado.

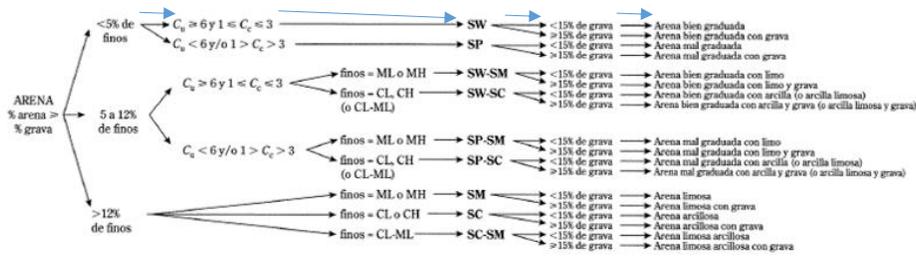
Según esta clasificación el suelo recaerá en **Arena bien graduada con grava** que recae en el grupo **SW**.

Ilustración 41. Curva granulométrica.



Fuente: (Propia)

Ilustración 42. Clasificación del primer estrato según SUCS.



Fuente: (Das, 2013)

### 5.1.3.2 LÍMITES DE ATTERBERG

- El paso del agua equivale al peso de la lata + suelo húmedo – el peso de la lata + suelo seco.
- El peso del suelo seco es el peso de la lata + suelo seco – el peso de la lata.
- El contenido de humedad es el peso del agua entre el peso del suelo seco.

LÍMITE LÍQUIDO

Tara N°1

Peso suelo húmedo + tara = 28.3 + 154.5 = 182.8 gr

Peso suelo seco + tara = 21.88 + 154.5 = 176.38 gr

Peso del agua = 28.3 – 21.88 = 8.42 gr

Contenido de humedad = 8.42 / 21.88 = 0.3853 x 100 = 38.53%

Numero de golpes = 31 golpes.

Tara N°2

Peso suelo húmedo + tara = 26.56 + 156.6 = 183.16 gr

Peso suelo seco + tara = 19.47 + 156.6 = 176.07 gr

Peso del agua = 26.56 – 19.47 = 7.09 gr

Contenido de humedad = 7.09 / 19.47 = 0.3641 x 100 = 36.41%

Numero de golpes = 26 golpes.

Tara N°3

Peso suelo húmedo + tara = 31.2 + 151.1 = 182.3 gr

Peso suelo seco + tara = 21.3 + 151.1 = 172.4 gr

Peso del agua = 31.2 – 21.3 = 9.9 gr

Contenido de humedad = 9.9 / 21.3 = 0.4647 x 100 = 46.47%

Numero de golpes = 16 golpes.

**Tabla 14. Resumen de limite líquido.**

<b>Lata No.</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Peso Suelo Húmedo + Lata (g)</b>	182.80	183.16	182.30
<b>Peso Suelo Seco + Lata (g)</b>	176.38	176.07	172.40
<b>Peso Lata (g)</b>	154.5	156.60	157.80
<b>Peso del Agua (g)</b>	6.42	7.09	9.90
<b>Peso Suelo Seco (g)</b>	21.88	19.47	14.60
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	29.34	36.41	67.81
<b>No. de Golpes</b>	31	26	16

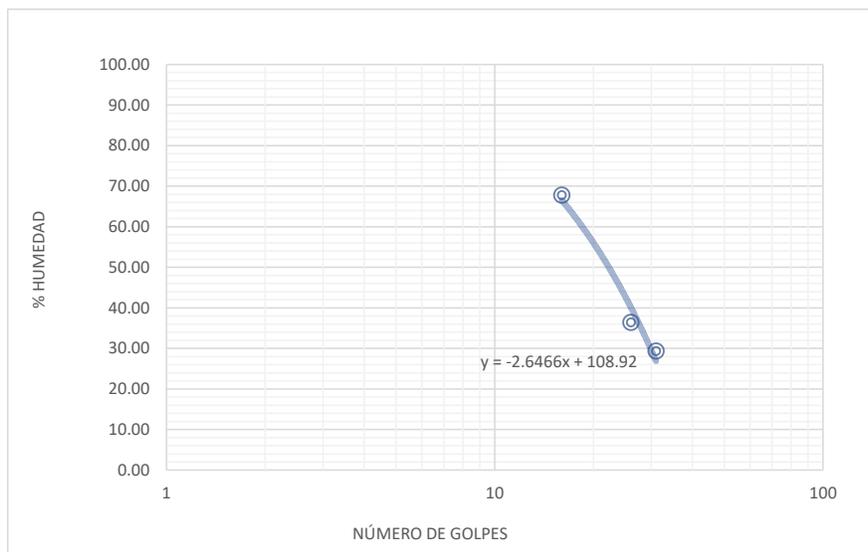
Fuente: (Propia)

La curva de fluidez nos brinda la función:

$Y = -2.6466(25) + 108.92 = 42.75$ , donde X es el número de golpes

Por lo tanto, limite liquido = 42.75%

**Ilustración 43. Curva de fluidez.**



Fuente: (Propia)

LIMITE PLÁSTICO

- El paso del agua equivale al peso de la lata + suelo húmedo – el peso de la lata + suelo seco.
- El peso el suelo seco es el peso de la lata + suelo seco – el peso de la lata.
- El contenido de humedad es el peso del agua entre el peso del suelo seco.

Tara N°1

Peso suelo húmedo + tara = 20.5 + 116.32 = 136.82 gr

Peso suelo seco + tara = 16.1 + 116.32 = 132.42 gr

Peso del agua = 20.5 – 16.1 = 4.4 gr

Contenido de humedad =  $4.4 / 16.1 = 0.2732 \times 100 = 27.32 \%$

**Tabla 15. Resultados limite plástico.**

<b>Tara No.</b>	<b>Tara 1</b>
<b>Peso Suelo Húmedo + Tara (g)</b>	136.82
<b>Peso Suelo Seco + Tara (g)</b>	132.42
<b>Peso Tara (g)</b>	116.32
<b>Peso del Agua (g)</b>	4.4
<b>Peso Suelo Seco (g)</b>	16.1
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	27.32

Fuente: (Propia)

Límite plástico: 38%

Índice de plasticidad

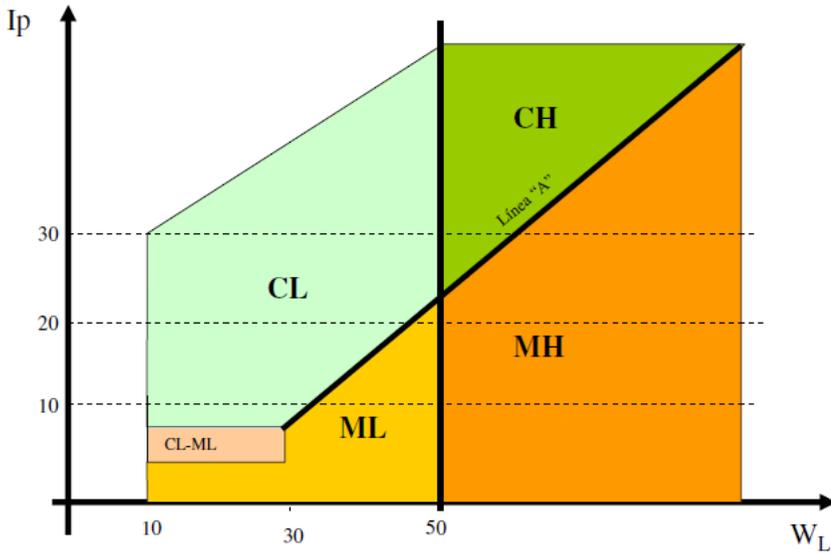
$$IP=42.75-27.32=15.43\%$$

#### CONCLUSIONES

El número de golpes necesarios para cerrar la ranura fueron 31, 26 y 16 golpes lo cual se llegó a porcentajes de 29.34%, 36.41% y 67.81%, estos resultados dependieron del contenido de humedad del suelo.

El límite de líquido encontrado fue de un 42.75 % con estos datos nos podemos ir según grafica de plasticidad del SUCS (v. Ilustración 46), se está en un suelo ML, lo que significa un suelo con limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos. Este resultado quiere decir que se tiene poca cantidad de minerales arcillosos en el suelo, así como la compresibilidad y cohesión.

#### **Ilustración 44. Carta de clasificación de suelos (SUC).**



(Das, 2013)

### 5.1.3.3 CBR

**Ilustración 45. Resultados ensayo CBR**

SITIO	CBR %
<b>BANCO DE MATERIAL</b>	28.53
<b>PDC-1</b>	4.5
<b>PDC-2</b>	5.3
<b>PDC-3</b>	5.2

(Chávez, López, & Cortes, 2018)

### 5.1.4 CRITERIOS DE DISEÑO

#### 5.1.4.1 ANÁLISIS DEL TRANSITO

Para el cálculo del tránsito promedio diario (TPD) se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Vía de acceso a casco urbano, no comercial.

Se tiene proyectado el tránsito esporádico de vehículos-camiones tipo C2 y C3 (máximo) que ingresan a la vía en actividades de transporte de café, productos alimenticios o camión de la basura.

**Tabla 16. Parámetros de diseño.**

<b>TPD</b>	<b>Periodo de Diseño (años)</b>	<b>Tasa de Crecimiento</b>	<b>Factor de Seguridad de Carga</b>
40	20	3%	1.1

Fuente: (Propia)

**Tabla 17. Configuración del tráfico en carretera de acceso a San Francisco de Ojuera.**

<b>% Vehículo Liviano</b>	<b>% Vehículo Pesado</b>
75%	25%

Fuente: (Propia)

La tabla siguiente (v. Tabla 29) resume el ESAL de diseño tomando en cuenta el TPD, factor de crecimiento y el periodo de diseño.

**Tabla 18. Ejes equivalentes (ESAL)**

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>TPD</b>	<b>TPD*365</b>	<b>F.C.</b>	<b>ESAL en el carril de diseño</b>	<b>Factor de Crecimiento</b>	<b>ESAL de Diseño</b>
<b>Autos y Combinaciones</b>	30	10,950	0.0001	1.095	26.87	29.42
<b>C2</b>	6	2,190	3.56	7,796.4	26.87	209,489
<b>C3</b>	4	1460	2.61	3,810.6	26.87	102,390
<b>Total</b>	40	14,600				311,909

Fuente: (Propia)

<b>TPD</b>	35
<b>Tasa de crecimiento</b>	3%

<b>Número de carriles</b>	2
<b>Periodo de diseño</b>	20 años
<b>Factor de sentido</b>	0.5
<b>Factor de Carril</b>	0.9
<b>Temperatura promedio</b>	30 °C
<b>Factor de Camión</b>	1.5

Fuente: (Propia)

#### 5.1.4.2 CALCULO DE PERALTES ESTRUCTURALES SEGÚN AASHTO 93

#### 5.1.4.3 CONFIABILIDAD

La variable de confiabilidad pretende incorporar un grado de certidumbre al procedimiento de diseño.

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado (R)			
	Urbano		Rural	
Autopista y carreteras interestatales, y otras vías	85	- 99.9	80	- 99.9
Arterias principales	80	- 99	75	- 95
Colectoras	80	- 95	75	- 95
Locales	50	- 80	50	- 80

Confiabilidad 70.00%

#### Ilustración 46. Nivel de confiabilidad

Fuente: (AASHTO 93, pag. 99)

Como nivel de confiabilidad se eligió un promedio del 70% debido al hecho de ser una carretera local ubicada en una zona rural.

#### 5.1.4.4 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La selección de un nivel apropiado de confiabilidad para el diseño de una viabilidad particular, depende primariamente del uso del proyecto y de las consecuencias (riesgos)

Confiabilidad (R%)	Desviación normal estándar (Zr)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555

**Ilustración 47. Desviación estándar.**

Fuente: (AASHTO 93, pag 84.)

Se definió como un 70% el valor de confiabilidad, el cual nos proporciona un valor de -0.524 para la desviación normal estándar (Zr) (v. Ilustración 50).

#### 5.1.4.5 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

Para el diseño es necesario seleccionar un índice de serviciabilidad inicial (Pi) y uno final (Pt).

El índice de serviciabilidad final de diseño deberá ser tal que, culminando el periodo de vida útil del proyecto, la vía (superficie de rodadura) ofrezca una adecuada serviciabilidad.

- Índice de serviciabilidad inicial (pi)
  - 4.2 pavimentos flexible Pi
  - 4.5 pavimentos rígidos
- Índice de serviciabilidad final (pt)
  - 2.5 ó 3.0 carreteras principales Pt
  - 2 carreteras con clasificación menor
  - 1.5 carreteras relativamente menores, donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos

**Ilustración 48. Índice de serviciabilidad**

Fuente: (AASHTO 93, pag. 28)

Como valor de Pi se eligió 4.2, debido al tipo de pavimento a diseñar, que en este caso es pavimento flexible. El valor de Pt se tomó como 2, por el hecho de ser una carretera con clasificación menor. Con ambos valores definidos se procede a calcular  $\Delta$  PSI:

$$\Delta \text{ PSI: PI-PT} = \Delta \text{ PSI}$$

$$\Delta \text{ PSI :4.20-2.00=2.20}$$

#### 5.1.4.6 DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL

##### Criterio para la selección de la Desviación estandar total (So)

0.30	-	0.40	Pavimentos rigidos
0.40	-	0.50	Pavimentos flexibles

So

#### Ilustración 49. Desviación estándar total

Fuente: (Propia)

Al tratarse de un diseño de pavimentación flexible se utilizó el promedio de los valores definidos (v. Ilustración 52) para la desviación estándar total (So) como 0.45.

#### 5.1.4.7 COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPA ASFÁLTICA

<i>Coefficiente Estructural Capa Asfáltica</i>		
<i>Estabilidad Marshall (N)</i>	<i>Estabilidad Marshall (Kg)</i>	<i>Coefficiente Estructural (a1)</i>
5000	510	0.33
6000	612	0.36
7000	714	0.39
8000	816	0.41
9000	918	0.43
10000	1020	0.45

#### Ilustración 50. Coeficiente estructural de capa asfáltica

Fuente: (Propia)



**Tabla 20. Parámetros de diseño**

<b>Número Estructural</b>	2.43	<b>Módulo Resiliente (Psi)</b>	7,157.01
<b>ESAL de Diseño</b>	255,500	<b>Serviciabilidad Inicial</b>	4.20
<b>Confiabilidad</b>	70%	<b>Serviciabilidad Final</b>	2.00
<b>Desviación Estándar</b>	-0.524		

Fuente: (Propia)

**Tabla 21. Diseño de espesores**

<b>CAPA DE MATERIAL</b>	<b>Coeficiente de Capa (a)</b>	<b>Coeficiente de Drenaje (m)</b>	<b>ESPESOR (Pulg)</b>	<b>Numero Estructural l de Capa (SN)</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>	<b>Numero Estructural de Capa (SN)</b>
<b>Asfalto</b>	0.43	1	2	0.865	5	2.162
<b>Base Granular</b>	0.09	1	6	0.561	15	1.403
<b>Sub Base Granular</b>	0.11	1	10	1.096	25	2.741
				<b>2.522</b>		<b>6.306</b>

Fuente: (Propia)

### 5.1.5 VOLÚMENES DE CORTE Y RELLENO

	<b>MATERIAL</b>	<b>FACTOR ABUNDAMIENTO</b>
1	Tierra (material tipo I o II), tepetate, arcilla, limo.	1.30
2	Arena, grava.	1.12
3	Concreto, piedra, mamposterías, suelo (material tipo III)	1.50

**Ilustración 53. Factores de abundamiento por tipo de material.**

Fuente: (Propia)

Volumen total de Corte: 68,168.97 Mts.<sup>3</sup>

Volumen total de Relleno: 13,669.14 Mts.<sup>3</sup>

### 5.1.6 CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL

Sector	Subsector	Actividad	Descripción	CIU-3	Código	Categoría
10. Infraestructura, Construcción y Vivienda	A. Infraestructura	003. Construcción de carreteras pavimentadas	Construcción que incluye apertura y/o ampliación y pavimentación de carreteras. Incluye construcción de puentes y obras relacionadas	SC	10A003	2

Fuente: (Propia)

## 5.2 LA VEGA

### 5.2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

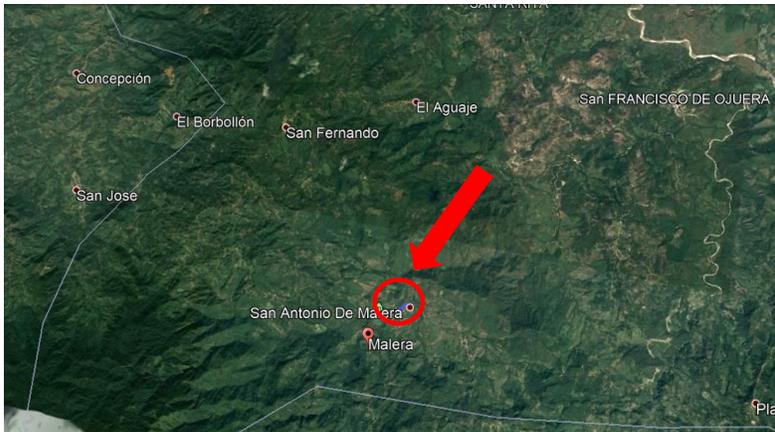


Ilustración 54. Ubicación La Vega.

Fuente: (Google Earth)



**Ilustración 55. Ubicación de calle a diseñar en La Vega.**

Fuente: (Google Earth)

- Coordenadas UTM:  
Este: 636267.5  
Norte: 1622832.3  
Zona: 45
- Longitud exacta total: 305 metros
- Velocidad de diseño: 30 km/h
- Ancho de carril: 3.25 metros
- Número de carriles: 2

#### 5.2.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico se realizó haciendo uso de estación total Trimble M3, prisma Trimble Style RTS/RPT y colectora Trimble Nomad 900. El levantamiento consto de 183 puntos topográficos (v. Anexo 1), realizado con los objetivos siguientes:

- Determinar los linderos y colindancias del tramo donde se realizará el proyecto.
- Determinar el perímetro de las manzanas para la implantación de los diseños de alcantarillado y pavimentación hidráulica en dichas aéreas.
- Realizar secciones transversales para determinar sus niveles.

- Realizar secciones transversales tomando los bordes de vía y ejes, para cálculo de volúmenes y diseños.
- Realizar levantamiento para determinar longitudes de tramos y ubicación de pozos de inspección.

### 5.2.3 ANÁLISIS DEL SUELO

A continuación, se presenta el resultado de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelo obtenidas en el sitio por medio de calicatas de un metro cubico, las cuales revelaron que el suelo está compuesto por dos estratos; El primer estrato, que es una capa de balastro, con un espesor de 0.3 m y un segundo estrato con 0.6 m de espesor. El análisis es importante para el diseño estructural de la vía ya que nos permitirán clasificar y determinar las características del suelo en la zona del proyecto.

#### 5.2.3.1 GRANULOMETRÍA

Principalmente se obtuvieron los pesos retenidos acumulados vertiendo los retenidos dentro de la tara de aluminio que tuvo un peso de 293.55 g. Para sacar los retenidos dentro de cada tamiz se utilizó la siguiente fórmula:

$$Wr(actual) = Wra(Anterior) - Wra(Actual)$$

#### **Ecuación 20. Peso retenido**

Fuente: (MTC E 107-2000)

Se sumó todos los retenidos para poder obtener el valor total de toda la muestra para luego calcular el porcentaje del retenido acumulado por medio de esta fórmula:

$$\%Wra = \frac{Wra}{Wrtotal} * 100$$

#### **Ecuación 21. Peso retenido acumulado**

Fuente: (MTC E 107-2000)

Para poder completar el análisis granulométrico se calcula el porcentaje que pasa por cada tamiz usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%Wra$$

### Ecuación 22. Porcentaje que pasa por cada tamiz

Fuente: (MTC E 107-2000)

Por consiguiente, los valores obtenidos durante el ensaye se organizan y se tabulan de la siguiente manera (v.

6). Esta tabla servirá de guía para poder resolver por los diámetros D10, D30, y D60 para cálculos posteriores del ensaye.

Se comenzó con una muestra de 1000.01 g, pero se obtuvo una muestra de 999.25 g al final, el cual nos dio un error de 0.07%. Este porcentaje de error se consiguió por medio de la fórmula del error:

$$\varepsilon = \frac{\text{Valor Real} - \text{Valor Calculado}}{\text{Valor Real}} * 100$$

### Ecuación 23. Porcentaje de error.

Fuente: (MTC E 107-2000)

Los resultados del análisis granulométrico por tamizado mecánico se detallan a continuación:

PRIMER ESTRATO

**Tabla 22. Análisis granulométrico primer estrato La Vega.**

Tamiz No.	Tamaño Tamiz (mm)	Peso Retenido (Wr)	Peso Retenido Acumulado (Wra)	% Retenido Acumulado (%Wra)	% que pasa
1"	25	0	0	0%	100%
1/2 "	12.57	91.58	91.58	9%	91%
3/8"	9.5	35.51	127.49	13%	87%
No. 4	4.75	101.93	229.42	23%	77%
No. 10	2	168.95	398.37	40%	60%
No. 40	0.42	346.63	745	75%	25%
No. 200	0.075	183.15	928.15	92.9%	7.1%
Fondo		71.1	99.25	100%	0%
Total		999.25			

Fuente: (Propia)

#### DETERMINAR LOS D10, D30 Y D60

Luego de obtenerse los porcentajes que pasan por cada tamiz se procede a calcular los D10, D30 y D60. Para esto, se necesita interpolar utilizando los valores que nos dio durante el ensaye.

Para ubicar los diámetros se necesita localizar los dos tamices cuyo porcentaje cruza el 10%, 30% y el 60%. En este caso el 10% de la muestra pasa entre los tamices No. 40 (0.42 mm) y No. 200 (0.075 mm) (v. Tabla 22). Sucede igual para el 30% y el 60%, que pasa entre los tamices No. 10 (2 mm) y No. 40 (0.42 mm).

Se procede a realizar la interpolación usando los diámetros conocidos de los tamices y el porcentaje que pasa por cada uno de ellos. Se utilizó la siguiente fórmula:

#### Ecuación 24. Interpolación para encontrar el D10, D30 y D60

$$\frac{(D1 - Dx)}{(P1 - Px)} = \frac{(D1 - D2)}{(P1 - P2)}$$

Fuente: (MTC E 107-2000)

Tabla 23. Determinación del D10

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D10 (Dx)
0.075	7	0.42	25.50	10	0.13

Fuente: (Propia)

Se realiza el mismo procedimiento de cálculos para los Diámetros restantes.

Tabla 24. Determinación del D30

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D30 (Dx)
0.42	25	2	60	30	0.64

Fuente: (Propia)

Tabla 25. Determinación del D60

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D60 (Dx)
0.42	25	2	60	60	2

Fuente: (Propia)

#### DETERMINAR LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA

La siguiente parte de los cálculos de la granulometría es sacar los coeficientes de uniformidad y curvatura. Una vez calculados los diámetros importantes de este análisis se calcula ambos coeficientes utilizando las siguientes ecuaciones:

$$C\mu = \frac{D60}{D10}$$

**Ecuación 25. Coeficiente de uniformidad.**

$$Cz = \frac{D30^2}{D10 * D60}$$

**Ecuación 26. Coeficiente de curvatura.**

**Tabla 26. Determinación de los coeficientes de Uniformidad y Curvatura.**

D10	D30	D60	Coeficiente de Uniformidad (Cμ)	Coeficiente de Curvatura (Cz)
0.13	0.64	2	15.30	1.58

Fuente: (Propia)

#### CONCLUSIONES

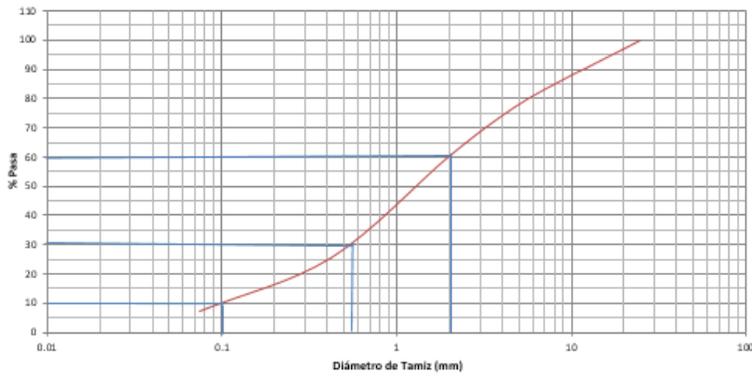
Por medio de la granulometría se puede concluir los diferentes porcentajes del tipo de suelo. Hay presencia de 23.00% de gravas, 69.9% de arenas y 7.1% de finos (v. Tabla 22). A simple vista el suelo con el que estamos tratando es un **suelo arenoso**. Con estos porcentajes se concluye que hay más presencia de arenas en el suelo.

Si comparamos los coeficientes con las condiciones que SUCS provee se puede concluir que el suelo está mal graduado. El coeficiente de Uniformidad está dentro de la condición, el valor calculado de 15.30 es mayor que seis. Por otro lado, el Coeficiente de Curvatura, que dio 1.58,

está entre uno y tres. Si una de estas dos condiciones falla automáticamente el suelo se considera mal graduado.

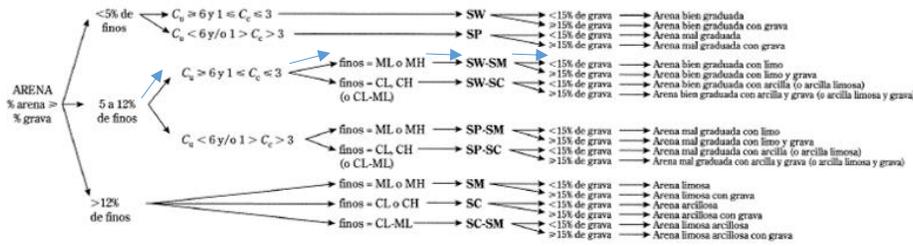
Según esta clasificación el suelo recaerá en **Arena bien graduada con limo y grava** que recae en el grupo **SW-SM**

Ilustración 56. Curva granulométrica.



Fuente: (Propia)

Ilustración 57. Clasificación del primer estrato según SUCS.



Fuente: (Das, 2013)

SEGUNDO ESTRATO

Tabla 27. Análisis granulométrico segundo estrato La Vega.

Tamiz No.	Tamaño Tamiz (mm)	Peso Retenido (Wr)	Peso Retenido Acumulado (Wra)	% Retenido Acumulado (%Wra)	% que pasa
1"	25	0	0	0%	100%
1/2 "	12.57	91.53	91.43	9%	91%
3/8"	9.5	43.34	134.87	13%	86%
No. 4	4.75	199.65	334.52	33%	66%
No. 10	2	282.1	616.62	62%	38%
No. 40	0.42	263.97	880.59	88%	11%
No. 200	0.075	84.49	965.08	96.46%	3.54%
Fondo		35.37	1000.45	100%	0%
Total		1000.45			

Fuente: (Propia)

#### Ilustración 58. Determinación del D10.

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D10 (Dx)
0.075	3.54	0.42	11	10	0.33

Fuente: (Propia)

#### Ilustración 59. Determinación del D30.

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D30 (Dx)
0.42	11	2	38	30	1.53

Fuente: (Propia)

#### Ilustración 60. Determinación del D60.

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D60 (Dx)
2	38	4.75	66	60	4.16

Fuente: (Propia)

**Ilustración 61. Determinación de los coeficientes de uniformidad y curvatura.**

D10	D30	D60	Coefficiente de Uniformidad ( $C_u$ )	Coefficiente de Curvatura ( $C_z$ )
0.37	1.53	4.16	11.24	1.52

Fuente: (Propia)

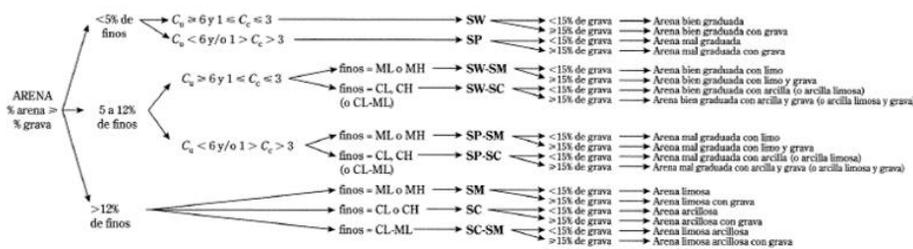
**CONCLUSIONES**

Por medio de la granulometría se puede concluir los diferentes porcentajes del tipo de suelo. Hay presencia de 13% de gravas, 83% de arenas y 3.54% de finos (v. Tabla 26). A simple vista el suelo con el que estamos tratando es un suelo arenoso. Con estos porcentajes se concluye que hay más presencia de arenas en el suelo.

Si comparamos los coeficientes con las condiciones que SUCS provee se puede concluir que el suelo está bien graduado. El coeficiente de Uniformidad está dentro de la condición, el valor calculado de 11.24 es mayor que seis. Por otro lado, el Coeficiente de Curvatura, que dio 1.52, está entre uno y tres. Si una de estas dos condiciones falla automáticamente el suelo se considera mal graduado.

Según esta clasificación el suelo recaerá en suelos **arena bien graduada** porque el porcentaje de grava  $13\% < 15\%$  y  $C_u > 6$  y  $1 < 1.52 < 3$  (v. Ilustración 57); es **SW**.

**Ilustración 62. Clasificación del segundo estrato según SUCS.**



Fuente: (Propia)

### 5.2.3.2 LIMITES DE ATTERBERG

- El peso del agua equivale al peso de la tara + suelo húmedo – el peso de la tara + suelo seco.
- El peso el suelo seco es el peso de la tara + suelo seco – el peso de la tara.
- El contenido de humedad es el peso del agua entre el peso del suelo seco.

#### PRIMER ESTRATO

LIMITE LIQUIDO

*Tara N°1*

Peso suelo húmedo + tara =  $33.04 + 192.8 = 225.84$  gr

Peso suelo seco + tara =  $24.46 + 192.8 = 217.26$  gr

Peso del agua =  $225.84 - 217.26 = 8.58$  gr

Contenido de humedad =  $8.58 / 24.46 = 0.3507 \times 100 = 35 \%$

Numero de golpes = 24 golpes.

*Tara N°2*

Peso suelo húmedo + tara =  $20.9 + 155.4 = 176.3$ .gr

Peso suelo seco + tara =  $16.4 + 155.4 = 171.8$  gr

Peso del agua =  $176.3 - 171.8 = 4.5$  gr

Contenido de humedad =  $4.5 / 16.4 = 0.2743 \times 100 = 27.4 \%$

Numero de golpes = 28 golpes.

*Tara N°3*

Peso suelo húmedo + tara =  $24.45 + 163.2 = 187.65$  gr

Peso suelo seco + tara =  $20.3 + 163.2 = 183.5$  gr

Peso del agua =  $187.65 - 183.5 = 4.15$  gr

Contenido de humedad =  $4.15 / 20.3 = 0.2044 \times 100 = 20.4 \%$

Numero de golpes = 30 golpes.

**Tabla 28. Resumen de limite líquido.**

Tara No.	T1	T2	T3
Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	225.84	176.30	187.65
Peso Suelo Seco + Tara (g)	217.26	171.80	183.50
Peso Tara (g)	192.8	155.40	163.20
Peso del Agua (g)	8.58	4.50	4.15
Peso Suelo Seco (g)	24.46	16.40	20.30
Contenido de Humedad (%)	35.08	27.44	20.44
No. de Golpes	24	28	30

Fuente: (Propia)

La curva de fluidez nos brinda la función:

$Y = -2.3634 (25) + 92.254 = 33.169$ , donde X es el número de golpes. (v. figura 1)

Por lo tanto, limite liquido = 33%

**Ilustración 63. Curva de fluidez primer estrato.**



Fuente: (Propia)

LIMITE PLÁSTICO

- El paso del agua equivale al peso de la tara + suelo húmedo – el peso de la tara + suelo seco.

- El peso el suelo seco es el peso de la tara + suelo seco – el peso de la tara.
- El contenido de humedad es el peso del agua ente el peso del suelo seco.

Tara N°1

Peso suelo húmedo + lata = 20.12 + 114.05 = 134.17 gr

Peso suelo seco + lata = 15.49 + 114.05 = 129.54 gr

Peso del agua = 134.17 – 129.54 = 4.63 gr

Contenido de humedad = 4.63 / 15.49 = 0.2989 x 100 = 29 %

**Tabla 29. Resumen limite plástico primer estrato.**

<b>Tara No.</b>	T1
<b>Peso Suelo Húmedo + Tara (g)</b>	134.17
<b>Peso Suelo Seco + Tara (g)</b>	129.54
<b>Peso Tara (g)</b>	114.05
<b>Peso del Agua (g)</b>	4.63
<b>Peso Suelo Seco (g)</b>	15.49
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	29.89

Fuente: (Propia)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$$IP = 33 - 29 = 4\%$$

CONCLUSIONES

El número de goles necesarios para cerrar la ranura fueron 32, 27 y 16 golpes lo cual se llegó a porcentajes de 29.20%, 31.06% y 32.63%, estos resultados dependieron del contenido de humeado del suelo.

El límite de líquido encontrado fue de un 30.96 % con estos datos nos podemos ir según grafica de plasticidad del SUCS (V. Figura3), se está en un suelo ML, lo que significa un suelo con arcilla de baja plasticidad, este resultado quiere decir que se tiene poca cantidad de minerales arcillosos en el suelo, así como poca compresibilidad y cohesión.

#### SEGUNDO ESTRATO

LIMITE LIQUIDO

TARA N°1

Peso suelo húmedo + tara = 20.54 + 192.3 = 212.84 gr

Peso suelo seco + tara = 14.86 + 192.8 = 207.66 gr

Peso del agua = 212.84 - 207.66 = 5.18 gr

Contenido de humedad = 5.18 / 14.86 = 0.3485 x 100 = 34.85 %

Numero de golpes = 33 golpes.

Tara N°2

Peso suelo húmedo + lata = 23.83 + 162.3 = 186.13.gr

Peso suelo seco + lata = 16.81 + 162.3 = 179.11 gr

Peso del agua = 186.13 - 179.11 = 7.02 gr

Contenido de humedad = 7.02 / 16.81 = 0.4176 x 100 = 41.76 %

Numero de golpes = 27 golpes.

Tara N°3

Peso suelo húmedo + lata = 21.8 + 157.8 = 179.6 gr

Peso suelo seco + lata = 14.69 + 157.8 = 172.49 gr

Peso del agua = 179.6 - 172.49 = 7.11 gr

Contenido de humedad = 7.11 / 14.69 = 0.484 x 100 = 48.4 %

Numero de golpes = 17 golpes.

**Tabla 30. Resumen Limite plástico segundo estrato.**

Lata No.	T1	T2	T3
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	212.84	186.13	179.60
Peso Suelo Seco + Lata (g)	207.66	179.11	172.49
Peso Lata (g)	192.8	162.30	157.80
Peso del Agua (g)	5.18	7.02	7.11
Peso Suelo Seco (g)	14.86	16.81	14.69

Contenido de Humedad (%)	34.86	41.76	48.40
No. de Golpes	33	27	17

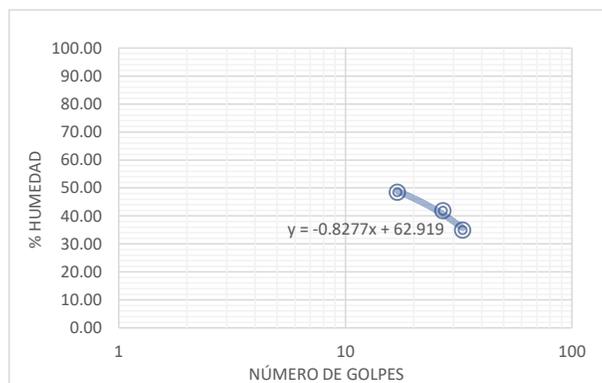
Fuente: (Propia)

La curva de fluidez nos brinda la función:

$Y = -0.8277(25) + 62.919 = 42,22$ , donde X es el número de golpes. (v. Ilustración 64)

Por lo tanto, limite líquido = 42%

**Ilustración 64. Curva de fluidez primer estrato.**



Fuente: (Propia)

LIMITE PLÁSTICO

Tara N°1

Peso suelo húmedo + lata = 22.12 + 154.05 = 176.17 gr

Peso suelo seco + lata = 16.54 + 154.05 = 170.59 gr

Peso del agua = 176.17 – 170.59 = 5.58 gr

Contenido de humedad = 5.58 / 16.54 = 0.3373 x 100 = 33%

**Tabla 31. Resumen limite plástico segundo estrato.**

Lata No.	T1
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	176.17
Peso Suelo Seco + Lata (g)	170.59
Peso Lata (g)	154.05

Peso del Agua (g)	5.58
Peso Suelo Seco (g)	16.54
Contenido de Humedad (%)	33.74

Fuente: (Propia)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$$IP = 42 - 33 = 9\%$$

CONCLUSIONES

El número de goles necesarios para cerrar la ranura fueron 32, 27 y 16 golpes lo cual se llegó a porcentajes de 29.20%, 31.06% y 32.63%, estos resultados dependieron del contenido de humedad del suelo.

El límite de líquido encontrado fue de un 30.96 % con estos datos nos podemos ir según grafica de plasticidad del SUCS (V. Figura3), se está en un suelo ML, lo que significa un suelo con arcilla de baja plasticidad, este resultado quiere decir que se tiene poca cantidad de minerales arcillosos en el suelo, así como la compresibilidad y cohesión.

#### 5.2.3.3 CBR

Por medio de los ensayos anteriormente descritos, se logró la categorización del suelo para cada uno de sus estratos. Con dicha clasificación se procede a realizar una correlación que nos permitirá determinar un valor de CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) para nuestra subrasante.

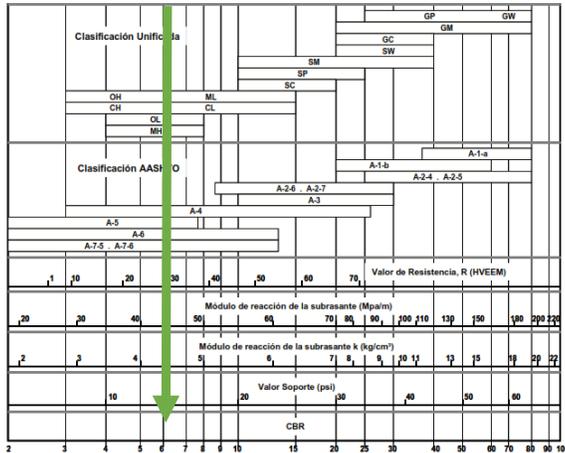
Utilizando la clasificación del primer estrato obtenida en los ensayos anteriores dando como resultado un suelo con clasificación ML, lo que significa un suelo con arcilla de baja plasticidad, determinamos un valor de CBR según el gráfico de correlación aproximada entre clasificación de los suelos y los diferentes ensayos (v. Ilustración 63).

Los valores aproximados brindados por el grafico están en un rango de 3 a 15, por lo que utilizamos el mayor valor y le aplicamos un factor que nos permita ser conservadores en el diseño de un 40%.

#### Ecuación 27. Determinación de CBR.

$$CBR = 2015 * 0.40 = 86$$

Fuente: (AASTHO, 93)



**Ilustración 65. Correlación aproximada entre clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.**

Fuente: (Iturbide, 2002, pag. 77)

### 5.2.4 ANÁLISIS DEL TRÁNSITO

Para el cálculo del tránsito promedio diario (TPD) se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Vía en casco urbano, no comercial.

El casco urbano cuenta con único acceso, con un ancho de vía de 4,5 metros con limitando radio de giro en las curvas, lo que dificulta la movilidad en vehículos largos.

Restricción de acceso vehicular pesado limitado, se tiene proyectado el tránsito esporádico de vehículos-camiones tipo C2 o C3 (máximo) que ingresan al casco urbano en actividades de transporte de café, productos alimenticios o el camión de la basura.

**Tabla 32. Parámetros de diseño.**

<b>TPD</b>	<b>Periodo de Diseño (años)</b>	<b>Tasa de Crecimiento</b>	<b>Factor de Seguridad de Carga</b>
25	20	3%	1.1

Fuente: (Propia)

Se implementarán dentro del diseño los pasadores de losas, ya que se tiene proyectado tránsito esporádico de vehículos-camiones tipo c2, c3 y c4 (máximo).

**Tabla 33. Configuración del tráfico en La Vega.**

<b>% Vehículo Liviano</b>	<b>% Vehículo Pesado</b>
72%	28%

Fuente: (Propia)

La tabla siguiente (v. Tabla 27) resume el ESAL de diseño tomando en cuenta el TPD, factor de crecimiento y el periodo de diseño.

**Tabla 34. Ejes equivalentes (ESAL)**

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>TPD</b>	<b>TPD*365</b>	<b>F.C.</b>	<b>ESAL en el carril de diseño</b>	<b>Factor de Crecimiento</b>	<b>ESAL de Diseño</b>
Autos y Combinaciones	18	6570	0.0001	0.657	26.87	17.653
C2	7	2555	3.56	9095.8	26.87	244404.15
Total	25	9125				244421.79

Fuente: (Propia)

#### 5.2.5 CALCULO DE PERALTES ESTRUCTURALES

Se asume como referencia un espesor de losa de 130 mm y 250 mm de subbase granular considerando el uso de dovelas.

Teniendo en cuenta los parámetros de diseño anteriormente mencionados, se procedió a realizar la iteración con los valores estipulados haciendo uso de Microsoft Excel.

Cálculo de Espesor de Losa para Pavimento Concreto Hidráulico				
Obra : Diseño vía rural de 2 carriles, Subbase Granular			Subbase e (m)	0.25
Espesor de Losa (Carpeta)		0.13	m	
K combinado		60.00	Mpa/a	
Modulo de Rotura MR		4.50	Mpa	
Factor de Seguridad de la Carga FSC		1.10		
Juntas con pasadores	si	x	no	
Berma de concreto	si		no	x
Periodo de diseño	20.00	años		
				244422

**Ilustración 66. Parámetros del diseño.**

Fuente: (Propia)

En la columna 1: se introducen las magnitudes de las cargas por eje.

En la Columna 2: se multiplican las magnitudes de las cargas por eje de la columna 1, por el factor de seguridad de la carga (FSC).

En la Columna 3: se introducen los datos de las repeticiones de carga por ejes esperadas.

#### 5.2.5.1 ESFUERZO EQUIVALENTE

Se determinan el valor de k para subbase haciendo uso de la tabla (v. Ilustración 65) según el valor de k de la subrasante obtenido anteriormente por correlación, para un espesor de tanteo de 250 mm de subbase granular.

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>
20	73	23	85	26	96	35	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

**Ilustración 67. Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k.**

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 71)

Debido a que el valor de k para un espesor de subbase de 250 mm no se encuentra en la tabla, interpolamos.

**Tabla 35. Interpolación para Subbase de 250mm de espesor.**

0.225	57
0.25	60
0.3	66

Subbase Granular (m)	Valor k Mpa/m
----------------------	---------------

Fuente: (Propia)

Con el nuevo valor de K del conjunto subrasante / subbase definido y el espesor de losa de tanteo procedemos a calcular el esfuerzo equivalente para ejes sencillos.

Eje sencillo						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42	4.75	4.38	4.13	3.66	3.45
110	4.74	4.16	3.85	3.63	3.23	3.06
120	4.19	3.69	3.41	3.23	2.88	2.73
130	3.75	3.30	3.06	2.89	2.59	2.46
140	3.37	2.97	2.76	2.61	2.34	2.23
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.13	2.03
160	2.79	2.47	2.29	2.17	1.95	1.86
170	2.56	2.26	2.10	1.99	1.80	1.71
180	2.37	2.09	1.94	1.84	1.66	1.58
190	2.19	1.94	1.80	1.71	1.54	1.47
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.43	1.37
210	1.91	1.68	1.56	1.48	1.34	1.28
220	1.79	1.57	1.46	1.39	1.26	1.20
230	1.68	1.48	1.38	1.31	1.18	1.13
240	1.58	1.39	1.30	1.23	1.11	1.03
250	1.49	1.32	1.22	1.16	1.05	1.00
260	1.41	1.25	1.16	1.10	0.99	0.95
270	1.34	1.18	1.10	1.04	0.94	0.90
280	1.28	1.12	1.04	0.99	0.89	0.86
290	1.22	1.07	0.99	0.94	0.85	0.81
300	1.16	1.02	0.95	0.90	0.81	0.78
310	1.11	0.97	0.90	0.86	0.77	0.74
320	1.06	0.93	0.86	0.82	0.74	0.71
330	1.02	0.89	0.83	0.78	0.71	0.68
340	0.98	0.85	0.79	0.75	0.68	0.65
350	0.94	0.82	0.76	0.72	0.65	0.62

**Ilustración 68. Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulico (eje sencillo).**

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 80)

Con el nuevo valor de K del conjunto subrasante / subbase definido y el espesor de tanteo de la losa procedemos a calcular el esfuerzo equivalente para ejes tándem.

Eje Tándem						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	4.39	3.83	3.59	3.44	3.22	3.15
110	3.88	3.35	3.12	2.97	2.76	2.68
120	3.47	2.98	2.75	2.62	2.40	2.33
130	3.14	2.68	2.46	2.33	2.13	2.05
140	2.87	2.43	2.23	2.10	1.90	1.83
150	2.64	2.23	2.04	1.92	1.72	1.65
160	2.45	2.03	1.87	1.76	1.57	1.50
170	2.28	1.91	1.74	1.63	1.45	1.38
180	2.14	1.79	1.62	1.51	1.34	1.27
190	2.01	1.67	1.51	1.41	1.25	1.18
200	1.90	1.58	1.42	1.33	1.17	1.11
210	1.79	1.49	1.34	1.25	1.10	1.04
220	1.70	1.41	1.27	1.18	1.03	0.98
230	1.62	1.34	1.21	1.12	0.98	0.92
240	1.55	1.28	1.15	1.06	0.93	0.87
250	1.48	1.22	1.09	1.01	0.88	0.83
260	1.41	1.17	1.05	0.97	0.84	0.79
270	1.36	1.12	1.00	0.93	0.80	0.75
280	1.30	1.07	0.96	0.89	0.77	0.72
290	1.25	1.03	0.92	0.85	0.74	0.69
300	1.21	0.99	0.89	0.82	0.71	0.66
310	1.16	0.96	0.86	0.79	0.68	0.64
320	1.12	0.92	0.83	0.76	0.66	0.62
330	1.09	0.89	0.80	0.74	0.63	0.59
340	1.05	0.86	0.77	0.71	0.61	0.57
350	1.02	0.84	0.75	0.69	0.59	0.55

Ilustración 69. Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulico (eje tándem).

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 81)

5.2.5.2 FACTOR DE EROSIÓN

Con el nuevo valor de K del conjunto subrasante / subbase definido y el espesor de losa de tanteo procedemos a calcular el factor de erosión haciendo uso de las tablas

Eje sencillo						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	3.76	3.75	3.74	3.74	3.72	3.70
110	3.63	3.62	3.61	3.61	3.59	3.58
120	3.52	3.50	3.49	3.49	3.47	3.46
130	3.41	3.39	3.39	3.38	3.37	3.35
140	3.31	3.30	3.29	3.28	3.27	3.26
150	3.22	3.21	3.20	3.19	3.17	3.16
160	3.14	3.12	3.11	3.10	3.09	3.08
170	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	3.00
180	2.99	2.97	2.96	2.95	2.93	2.92
190	2.92	2.90	2.88	2.88	2.86	2.85
200	2.85	2.83	2.82	2.81	2.79	2.78
210	2.79	2.77	2.75	2.75	2.73	2.72
220	2.73	2.71	2.69	2.69	2.67	2.66
230	2.67	2.65	2.64	2.63	2.61	2.60
240	2.62	2.60	2.58	2.57	2.55	2.54
250	2.57	2.54	2.53	2.52	2.50	2.49
260	2.52	2.49	2.48	2.47	2.45	2.44
270	2.47	2.44	2.43	2.42	2.40	2.39
280	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34
290	2.38	2.35	2.34	2.33	2.31	2.30
300	2.34	2.31	2.30	2.29	2.26	2.26
310	2.29	2.27	2.25	2.24	2.22	2.21
320	2.25	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17
330	2.21	2.19	2.17	2.16	2.14	2.13
340	2.18	2.15	2.14	2.12	2.10	2.09
350	2.14	2.11	2.10	2.09	2.07	2.06

Ilustración 70. Factor de erosión para ejes sencillos. Pavimentos de concreto hidráulico con dovelas y sin hombros de concreto hidráulico.

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 86)

Eje tándem						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	3.83	3.79	3.77	3.76	3.72	3.70
110	3.71	3.67	3.65	3.63	3.60	3.58
120	3.61	3.56	3.54	3.52	3.49	3.47
130	3.52	3.47	3.44	3.43	3.39	3.37
140	3.43	3.38	3.35	3.33	3.30	3.28
150	3.36	3.30	3.27	3.25	3.21	3.19
160	3.28	3.22	3.19	3.17	3.13	3.12
170	3.22	3.15	3.12	3.10	3.06	3.04
180	3.16	3.09	3.06	3.03	2.99	2.97
190	3.10	3.03	2.99	2.97	2.93	2.91
200	3.05	2.97	2.94	2.91	2.87	2.85
210	2.99	2.92	2.88	2.86	2.81	2.79
220	2.95	2.87	2.83	2.80	2.76	2.73
230	2.90	2.82	2.78	2.75	2.70	2.68
240	2.86	2.78	2.73	2.71	2.66	2.63
250	2.82	2.73	2.69	2.66	2.61	2.59
260	2.78	2.69	2.65	2.62	2.56	2.54
270	2.74	2.65	2.61	2.58	2.52	2.50
280	2.71	2.62	2.57	2.54	2.48	2.46
290	2.67	2.58	2.53	2.50	2.44	2.42
300	2.64	2.55	2.50	2.46	2.41	2.38
310	2.61	2.51	2.46	2.43	2.37	2.34
320	2.58	2.48	2.43	2.40	2.33	2.31
330	2.55	2.45	2.40	2.36	2.30	2.28
340	2.52	2.42	2.37	2.33	2.27	2.24
350	2.49	2.39	2.34	2.30	2.24	2.21

**Ilustración 71. Factor de erosión para ejes Tándem. Pavimentos de concreto hidráulico con dovelas y sin hombros de concreto hidráulico.**

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 87)

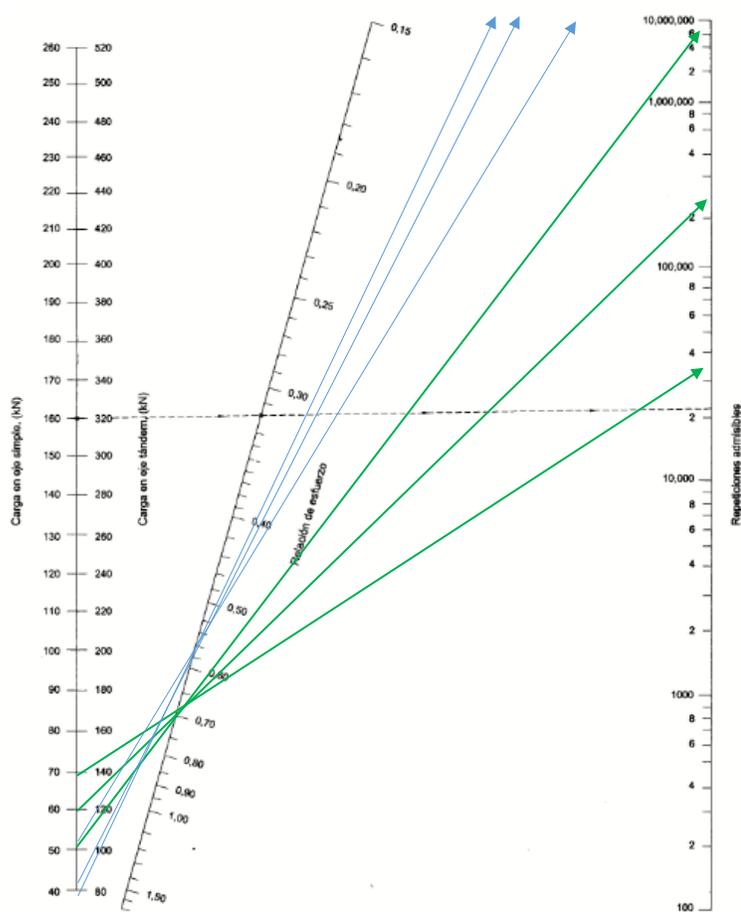
Luego de esto se calculó la relación de esfuerzos, dividiendo el esfuerzo equivalente entre el módulo de rotura del concreto.

En la columna 4: se introdujeron las repeticiones admisibles del análisis por fatiga, las cuales fueron obtenidas del nomograma "Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto" (v. Ilustración 75).

En la columna 5: se calculó el porcentaje de fatiga obtenido, dividiendo la columna 3 entre la columna 4.

En la columna 6: se introdujeron las repeticiones admisibles del análisis por erosión, las cuales fueron obtenidas del nomograma "Repeticiones admisibles en función del factor erosión en pavimentos sin hombros de concreto".

En la columna 7: se calculó el porcentaje de daño obtenido, dividiendo la columna 3 entre la columna 6.



**Ilustración 72. Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto.**

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 79)

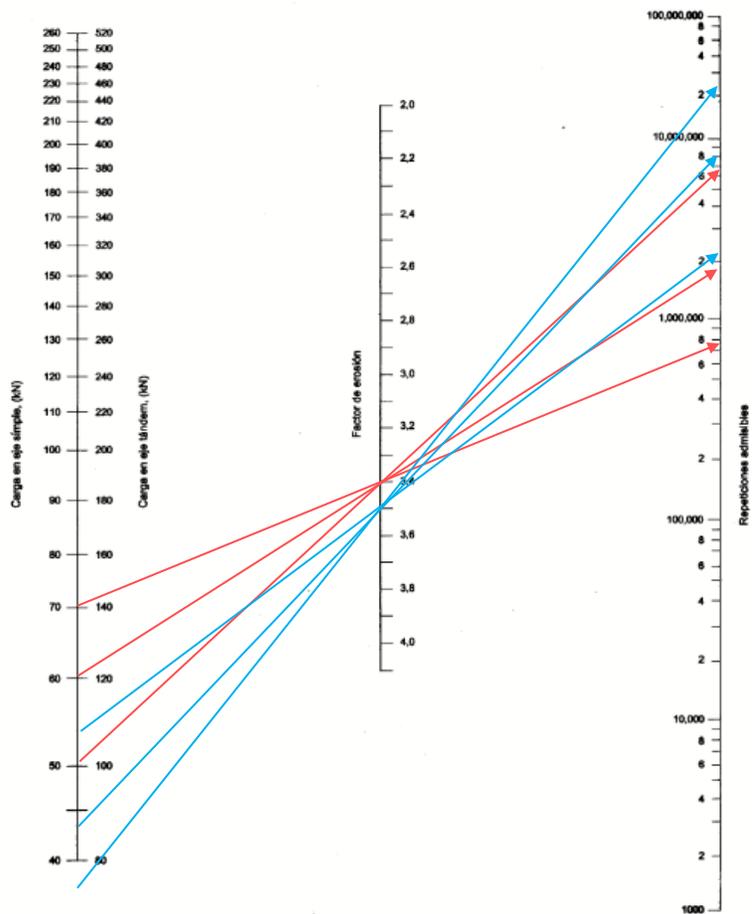


Ilustración 73. Análisis de erosión. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos sin hombros de concreto hidráulico.

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 85)

Carga por eje en KN	Multiplicado por FSC	Repeticiones esperadas	Análisis de fatiga		Análisis de erosión	
			Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño
1	2	3	4	5	6	7
Esfuerzo Equivalente =			3.06	Factor de erosión = 3.39		
Factor de relación de esfuerzos =			0.68			
<b>Ejes sencillos</b>						
	-					
	-					
	-					
71.10	78.21	26,459.88	38,000.00	69.63	800,000.00	3.31
62.20	68.42	44,099.80	250,000.00	17.64	2,000,000.00	2.20
53.30	58.63	88,199.60	ilimitadas		7,000,000.00	1.26
		158,759.28				
Esfuerzo Equivalente =			2.46	Factor de erosión = 3.44		
Factor de relación de esfuerzos =			0.55			
<b>Ejes tándem</b>						
	-					
	-					
	-					
107.00	117.70	19,959.57	ilimitado		2,500,000.00	0.80
88.80	97.68	24,874.49	ilimitado		8,000,000.00	0.31
71.10	78.21	27,494.02	ilimitado		30,000,000.00	0.09
		72,328.08	TOTAL	87.27		7.97
				OK		
					OK	

**Ilustración 74. Resultados análisis por fatiga y erosión.**

Fuente: (Propia)

Según los parámetros de tanteo planteados se cumplen los porcentajes de erosión y fatiga para el diseño de pavimento hidráulico.

#### 5.2.6 CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL

Sector	Subsector	Actividad	Descripción	CIU-3	Código	Categoría
10.	A.	003.	Construcción que incluye	SC	10A003	1
Infraestructura, Construcción y Vivienda	Infraestructura	Construcción de carreteras pavimentadas	apertura y/o ampliación y pavimentación de carreteras. Incluye construcción de puentes y obras relacionadas			

**Ilustración 75. Tabla resumen categorización ambiental pavimentación hidráulica aldea La Vega.**

Fuente: (Propia)

### 5.2.7 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO

- Tasa de crecimiento: 1.8%
- Periodo de Diseño (t) = 20 años
- Población Actual (Pn) = 298 hab

$$Pf = Pn (1 + n)^t$$

$$Pf = 298 (1 + 0.018)^{20} = 426 \text{ habitantes}$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Población}}{\text{Area Urbana}} = \frac{426 \text{ habitantes}}{2.04 \text{ ha}} = 209 \text{ hab/ha}$$

Dotación = 60 lppd

Caudal de diseño = Q Domestico + Q infiltración + Q Industrial + Q Comercial + Q inst.. Publicas.

Por ser un sistema que clave para el diseño de las aguas negras a la planta de tratamiento provista por la comunidad en un futuro, se calcula el resto de la comunidad, teniendo en cuenta el área obtenida en Google Earth Pro. La longitud del tramo de toda la comunidad hasta los nuevos pozos. A continuación, la tabla de resumen del caudal acumulado por los dos tramos B4-B0 y A3-B0:

	Dotacion	Caudal Dom	Caudal	Caudal	Caudal	Caudal
	lppd	l/s	infiltracion	ilicito	diseño Qp	Acumulado
Entrada a B4	60	2.05555556	3.1792	0.61666667	5.85142222	5.85142222
Entrada a A3	60	0.33333333	0.424	0.1	0.85733333	0.85733333

#### TRAMO A2-A1

##### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.13 \times 60 \times 4 \times 209 \text{ hab}}{86400} = 0.0608 \text{ l/s}$$

##### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{11.82 \text{ m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.1242 \text{ l/s}$$

### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times 0.13 \times 209 \times 60 \times 0.8}{86400} = 0.0046 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño } (Q_d) = 0.0608 \text{ l/s} + 0.1242 \text{ l/s} + 0.0046 \text{ l/s} = 0.1896 \text{ l/s}$$

### 4. Caudal Acumulado

El tramo A2-A1 es inicial más el caudal del resto de la comunidad, por lo que el caudal será  $0.1896 + 0.857 = 1.0469 \text{ l/s}$

### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida A2} - \text{Elevación invertida A1}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{95.87 - 96.48}{11.82 \text{ m}} = 1.4\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

### 6. Caudal de llenado ( $Q_{LL}$ )

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (1.4\%)^{\frac{1}{2}} = 51.1343 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Qp}{Ql} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q \text{ llenado}}$$

$$\frac{Qp}{Ql} = \frac{0.1896 \times 10^{-3}}{0.0511} = 0.020$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla 2 en la parte inferior la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de velocidad parcial vs la relación de velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.098

#### 9. Velocidad a tubo lleno (V<sub>LL</sub>)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$VLL = \frac{0.0511}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 1.63 \text{ m/s}$$

#### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla 3 que es el valor de (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$

$$Vp = 1.63 * 0.39 = 0.63 \text{ m/s}$$

TRAMO B4-B3

#### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.086 \times 60 \times 4 \times 209 \text{ hab}}{86400} = 0.0399 \text{ l/s}$$

El área tributaria se obtuvo de SewerUp (vea ilustración 1)

## 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{57.68\text{m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.5828 \text{ l/s}$$

## 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times 0.086 \times 209 \times 60 \times 0.8}{86400} = 0.0030 \text{ l/s}$$

Caudal de diseño ( $Q_d$ ) = 0.0399 l/s + 0.5828 l/s + 0.0030 l/s = 0.6257 l/s

## 4. Caudal Acumulado

El tramo B4-B-A1 es inicial más el caudal del resto de la comunidad, por lo que el caudal será 0.6257 + 5.85 m<sup>3</sup>/s. = 6.47 m<sup>3</sup>/s

## 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida A2} - \text{Elevación invertida A1}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{100 - 98.2}{57.68 \text{ m}} = 3.2 \%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

## 6. Caudal de llenado ( $Q_{LL}$ )

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (3.2\%)^{\frac{1}{2}} = 76.56 \text{ l/s}$$

7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q \text{ llenado}}$$

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{0.6257 \times 10^{-3}}{0.0766} = 0.085$$

8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla 2 en la parte inferior la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de velocidad parcial vs la relación de velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.65

9. Velocidad a tubo lleno (V<sub>Ll</sub>)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$V_{LL} = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

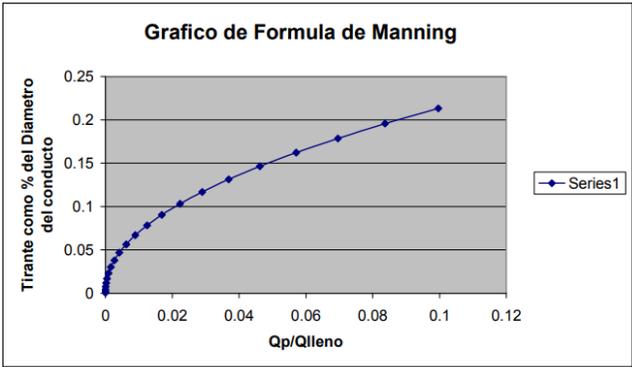
$$V_{LL} = \frac{0.0766}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 2.44 \text{ m/s}$$

10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla 3 que es el valor de de la relación (Vp/VLL)

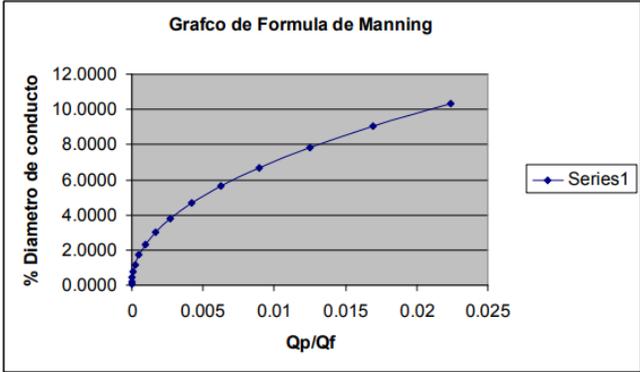
$$V_p = V_{LL} * \frac{V_p}{V_{LL}}$$

$$V_p = 2.44 * 0.33 = 0.80 \text{ m/s}$$



**Ilustración 76. Gráfico de Formula de Manning.**

Fuente: (AASHTO 93, pag. )



**Ilustración 77. Gráfico de fórmula de Manning**

Fuente: (AASHTO 93, pag. )

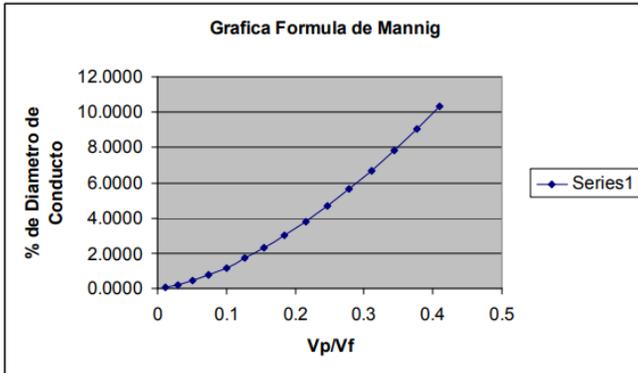


Ilustración 78. Gráfica fórmula de Manning.

Fuente: (AASHTO 93, pag. )

En SewerUp se detalló el área total del sitio y las áreas tributarias de los tramos.

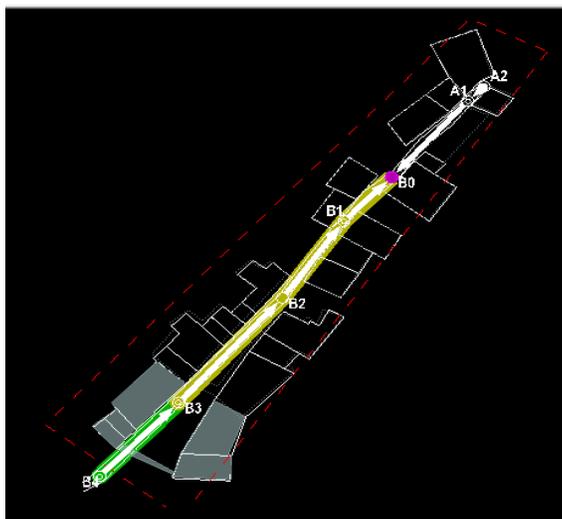


Ilustración 79. Aldea La Vega elaborado en SewerUp.

Fuente: (SewerUp)

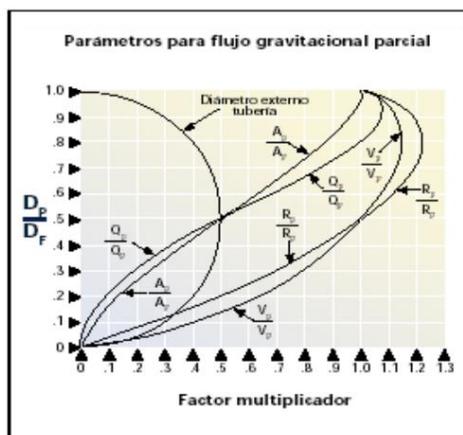


Ilustración 80. Grafica del banano.

Fuente: (Arocha, 1983)

**Tabla 36. Resultados alcantarillado La Vega.**

<i>Tramo</i>	<i>Cotas terreno natural</i>		<i>Área</i>	<i>Densidad</i>	<i>Dotación</i>	
<i>Pozo inicio</i>	<i>Pozo final</i>	<i>Pto inicio</i>	<i>Pto final</i>	<i>Tributaria</i>	<i>( Hab)</i>	<i>lppd</i>
<u>A2</u>	A1	95.87	96.48	0.131	209	60
<u>A1</u>	B0	96.48	95.38	0.184	209	60
<u>B4</u>	B3	101.78	99.92	0.086	209	60
<u>B3</u>	B2	99.92	97.82	0.067	209	60
<u>B2</u>	B1	97.82	97.94	0.034	209	60
<u>B1</u>	B0	97.94	95.38	0.033	209	60

Fuente: (Propia)

Continuación de la tabla 34

<b>Caudal Dom</b>	<b>Caudal</b>	<b>Caudal</b>	<b>Caudal</b>	<b>Caudal</b>
<u>l/s</u>	infiltración	ilícito	diseño Qp	Acumulado
<b>0.060842222</b>	0.1242	0.005	0.190	1.046938722
<b>0.0855</b>	0.5826	0.0064	0.6745	1.7214
<b>0.0399</b>	0.5828	0.0030	0.6257	6.4772
<b>0.0311</b>	0.7961	0.0023	0.8296	7.3067
<b>0.0158</b>	0.5403	0.0012	0.5573	7.8640
<b>0.0153</b>	0.3524	0.0011	0.3689	8.2329

Fuente: (Propia)

Con formato: Fuente: (Predeterminada) Segoe UI, 11 pto

Continuación de la tabla 34

Caudal de llenado QLL	Qp/QLL	Y/D	Vp/VLL	VLL	Vp
				m/s	m/s
51.1343	0.020	0.0980	0.3900	1.63	0.63
58.8919	0.029	0.1200	0.4500	1.87	0.84
76.5668	0.085	0.1800	0.6000	2.44	1.46
69.5129	0.105	0.2200	0.6800	2.21	1.50
45.9304	0.171	0.2900	0.7900	1.46	1.15
116.8138	0.070	0.1800	0.5800	3.72	2.16

Fuente: (Propia)

Con formato: Fuente: (Predeterminada) Segoe UI, 11 pto

Continuación de la tabla 34

Cotas Invertida		Altura de pozo	Altura de pozo	Longitud	Pendiente	Diametro
Pto Inicio	Pto final	Inicial m	Final m	Tramo	m/m	Conducto
94.17	94	1.70	2.48	11.82	1.4%	0.20
94.00	92.9	2.48	2.48	57.66	1.9%	0.20
100.08	98.2	1.70	1.72	57.68	3.2%	0.20
98.22	96	1.72	1.82	79.01	2.7%	0.20
96.12	95.5	1.82	2.44	53.43	1.2%	0.20
95.5	92.9	2.44	2.48	34.64	7.5%	0.20

Fuente: (Propia)

Con formato: Fuente: (Predeterminada) Segoe UI, 11 pto

**Tabla 37. Tabla resumen categorización ambiental alcantarillado sanitario aldea La Vega.**

Sector	Subsector	Actividad	Descripción	CIIU-3	Código	Categoría
11. Saneamiento	B. Gestión de Aguas Residuales	004. Sistema de alcantarillado sanitario y laguna de oxidación para tratamiento de Aguas Residuales domesticas	Sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de Aguas Residuales domesticas con respecto a la densidad poblacional del proyecto (proyecto habitacionales)	SC	11B004	1

Fuente: (Propia)

### 5.3 LA PALCA

#### 5.3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO



**Ilustración 81. Ubicación Aldea La Palca.**

Fuente: (Google Earth, 2019)



**Ilustración 82. Ubicación Calle a diseñar en aldea La Palca.**

Fuente: (Google Earth, 2019)

- Coordenadas UTM:  
Este: 618891.2  
Norte: 1620341.7  
Zona: 45
- Longitud exacta total: 270 metros
- Velocidad de diseño: 30 km/h
- Ancho de carril: 2 metros
- Número de carriles: 2

### 5.3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFÍA

El levantamiento topográfico se realizó haciendo uso de estación total Trimble M3, prisma Trimble Style RTS/RPT y colectora Trimble Nomad 900. El levantamiento consto de 265 puntos topográficos (v. Anexo 1) y fue realizado con los objetivos siguientes:

- Determinar los linderos y colindancias del tramo donde se realizará el proyecto.
- Determinar el perímetro de las manzanas para la implantación de los diseños de alcantarillado y pavimentación hidráulica en dichas aéreas.
- Realizar secciones transversales para determinar sus niveles.
- Realizar secciones transversales tomando los bordes de vía y ejes, para cálculo de volúmenes y diseños.
- Realizar levantamiento para determinar longitudes de tramos y ubicación de pozos de inspección.

### 5.3.3 ANÁLISIS DEL SUELO

A continuación, se presenta el resultado de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelo obtenidas en el sitio por medio de calicatas de un metro cubico, las cuales revelaron que el suelo está compuesto por dos estratos; El primer estrato, que es una capa de balastro, con un espesor de 0.3 m y un segundo estrato con 0.6 m de espesor. El análisis es importante para el diseño estructural de la vía ya que nos permitirán clasificar y determinar las características del suelo en la zona del proyecto.

### 5.3.3.1 GRANULOMETRÍA

Principalmente se obtuvieron los pesos retenidos acumulados vertiendo los retenidos dentro de la tara de aluminio que tuvo un peso de 293.55 g. Para sacar los retenidos dentro de cada tamiz se utilizó la siguiente fórmula:

$$Wr(actual) = Wra(Anterior) - Wra(Actual)$$

#### **Ecuación 28. Peso retenido**

Fuente: (MTC E 107-2000)

Se sumó todos los retenidos para poder obtener el valor total de toda la muestra para luego calcular el porcentaje del retenido acumulado por medio de esta fórmula:

$$\%Wra = \frac{Wra}{Wr_{total}} * 100$$

#### **Ecuación 29. Peso retenido acumulado**

Fuente: (MTC E 107-2000)

Para poder completar el análisis granulométrico se calcula el porcentaje que pasa por cada tamiz usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%Wra$$

#### **Ecuación 30. Porcentaje que pasa por cada tamiz**

Fuente: (MTC E 107-2000)

Por consiguiente, los valores obtenidos durante el ensaye se organizan y se tabulan de la siguiente manera (v.

). Esta tabla servirá de guía para poder resolver por los diámetros D10, D30, y D60 para cálculos posteriores del ensaye.

Se recomienda poder tomar estos datos organizadamente para no confundirlos ya que son un gran número de tamices. Si el número de tamices aumenta, los datos aumentan y llevar el control ordenadamente ayuda a que los datos sean claros y concisos.

Se comenzó con una muestra de 1000.01 g, pero se obtuvo una muestra de 999.25 g al final, el cual nos dio un error de 0.07%. Este porcentaje de error se consiguió por medio de la fórmula del error:

$$\varepsilon = \frac{\text{Valor Real} - \text{Valor Calculado}}{\text{Valor Real}} * 100$$

**Ecuación 31. Porcentaje de error.**

Fuente: (MTC E 107-2000)

Los resultados del análisis granulométrico por tamizado mecánico se detallan a continuación:

**PRIMER ESTRATO**

**Tabla 38. Análisis granulométrico primer estrato La Palca.**

Tamiz No.	Tamaño Tamiz (mm)	Peso Retenido (Wr)	Peso Retenido Acumulado (Wra)	% Retenido Acumulado (%Wra)	% que pasa
1"	25	0	0	0	100
1/2 "	12.57	57.81	57.81	6	94
3/8"	9.5	68.12	125.93	13	87
No. 4	4.75	151.38	277.31	28	72
No. 10	2	216.47	493.78	49	51
No. 40	0.42	303.18	796.96	80	20
No. 200	0.075	153.14	950.05	95	5
Fondo		50.05	1000.1	100	0
Total		1000.1			

Fuente: (Propia)

DETERMINAR LOS D10, D30 Y D60

Luego de obtenerse los porcentajes que pasan por cada tamiz se procede a calcular los D10, D30 y D60. Para esto, se necesita interpolar utilizando los valores que nos dio durante el ensaye.

Para ubicar los diámetros se necesita localizar los dos tamices cuyo porcentaje cruza el 10%, 30% y el 60%. En este caso el 10% de la muestra pasa entre los tamices No. 40 (0.42 mm) y

No. 200 (0.075 mm) (v. Tabla 36). Sucede igual para el 30%. El 60%, por otro lado, pasa entre los tamices No. 10 (2 mm) y No. 40 (0.42 mm).

Se procede a realizar la interpolación usando los diámetros conocidos de los tamices y el porcentaje que pasa por cada uno de ellos. Se utilizó la siguiente fórmula:

**Ecuación 32. Interpolación para encontrar el D10, D30 y D60**

$$\frac{(D1 - Dx)}{(P1 - Px)} = \frac{(D1 - D2)}{(P1 - P2)}$$

Fuente: (MTC E 107-2000)

**Tabla 39. Determinación del D10**

<b>Diámetro Conocido 1 (D1)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)</b>	<b>Diámetro Conocido 2 (D2)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)</b>	<b>Porcentaje del diámetro (Px)</b>	<b>D10 (Dx)</b>
0.075	5	0.42	20	10	0.19

Fuente: (Propia)

Se realiza el mismo procedimiento de cálculos para los Diámetros restantes.

**Tabla 40. Determinación del D30**

<b>Diámetro Conocido 1 (D1)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)</b>	<b>Diámetro Conocido 2 (D2)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)</b>	<b>Porcentaje del diámetro (Px)</b>	<b>D30 (Dx)</b>
0.42	20	2	51	30	0.93

Fuente: (Propia)

**Tabla 41. Determinación del D60**

<b>Diámetro Conocido 1 (D1)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)</b>	<b>Diámetro Conocido 2 (D2)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)</b>	<b>Porcentaje del diámetro (Px)</b>	<b>D60 (Dx)</b>
2	51	4.75	72	60	3.18

Fuente: (Propia)

#### DETERMINAR LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA

La siguiente parte de los cálculos de la granulometría es sacar los coeficientes de uniformidad y curvatura. Una vez calculados los diámetros importantes de este análisis se calcula ambos coeficientes utilizando las siguientes ecuaciones:

$$C\mu = \frac{D60}{D10}$$

#### Ecuación 33. Coeficiente de uniformidad.

Fuente: (Propia)

$$Cz = \frac{D30^2}{D10 * D60}$$

#### Ecuación 34. Coeficiente de curvatura.

Fuente: (Propia)

#### Ecuación 35. Determinación de los coeficientes de Uniformidad y Curvatura.

D10	D30	D60	Coeficiente de Uniformidad (C $\mu$ )	Coeficiente de Curvatura (Cz)
0.19	0.93	3.18	16.74	1.43

Fuente: (Propia)

#### CONCLUSIONES

Por medio de la granulometría se puede concluir los diferentes porcentajes del tipo de suelo. Hay presencia de 28% de gravas, 68% de arenas y 5% de finos. A simple vista el suelo con el que estamos tratando es un suelo arenoso. Con estos porcentajes se concluye que hay más presencia de arenas en el suelo.

Si comparamos los coeficientes con las condiciones que SUCS provee se puede concluir que el suelo está mal graduado. El coeficiente de Uniformidad está dentro de la condición, el valor calculado de 16.74 es mayor que seis. Por otro lado, el Coeficiente de Curvatura, que dio 1.43, está entre uno y tres. Si una de estas dos condiciones falla automáticamente el suelo se considera mal graduado.

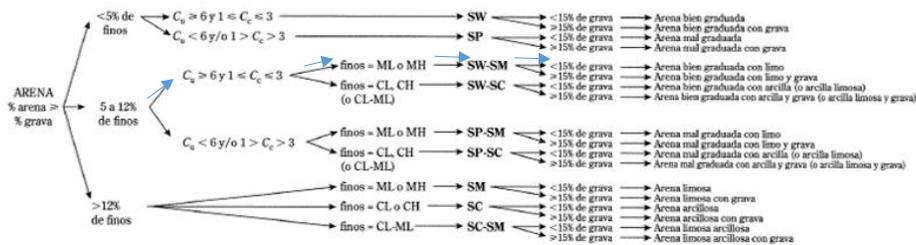
Se puede clasificar el suelo del ensaye según SUCS. Sin embargo, se necesitaría de su Límite Líquido y Plástico. Pero, se puede predecir el tipo de suelo que puede ser. Según esta clasificación el suelo recaerá en **arena bien graduada con limo y grava**, porque el porcentaje de finos  $5\% < 15\%$ ; es **ML** por la gráfica del índice plástico (1) vs Limite Liquido (32), por lo tanto es **SW-SM**.

Ilustración 83. Curva granulométrica.



Fuente: (Propia)

Ilustración 84. Clasificación del primer estrato según SUCS.



Fuente: (Das, 2013)

## SEGUNDO ESTRATO

**Tabla 42. Análisis granulométrico segundo estrato La Palca.**

<b>Tamiz No.</b>	<b>Tamaño Tamiz (mm)</b>	<b>Peso Retenido (Wr)</b>	<b>Peso Retenido Acumulado (Wra)</b>	<b>% Retenido Acumulado (%Wra)</b>	<b>% que pasa</b>
1"	25	0	0	0	100
1/2 "	12.57	34.22	34.22	3	97
3/8"	9.52	36.05	70.27	7	93
No. 4	4.76	186.72	256.99	26	74
No. 10	2	264.94	521.93	52	48
No. 40	0.42	303.97	825.6	83	17
No. 200	0.075	188.14	944.04	94.32	5.68
Fondo		56.4	1000.94	100	0
Total		1000.94			

Fuente: (Propia)

**Tabla 43. Determinación del D10.**

<b>Diámetro Conocido 1 (D1)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)</b>	<b>Diámetro Conocido 2 (D2)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)</b>	<b>Porcentaje del diámetro (Px)</b>	<b>D10 (Dx)</b>
0.075	5.68	0.42	17	10	0.21

Fuente: (Propia)

**Tabla 44. Determinación del D30.**

<b>Diámetro Conocido 1 (D1)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)</b>	<b>Diámetro Conocido 2 (D2)</b>	<b>Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)</b>	<b>Porcentaje del diámetro (Px)</b>	<b>D30 (Dx)</b>
0.42	17	2	48	30	1.08

Fuente: (Propia)

**Tabla 45. Determinación del D60.**

Diámetro Conocido 1 (D1)	Porcentaje que pasa por tamiz 1 (P1)	Diámetro Conocido 2 (D2)	Porcentaje que pasa por tamiz 2 (P2)	Porcentaje del diámetro (Px)	D60 (Dx)
2	48	4.76	74	60	3.27

Fuente: (Propia)

**Tabla 46. Determinación de los coeficientes de uniformidad y curvatura.**

D10	D30	D60	Coeficiente de Uniformidad (C <sub>u</sub> )	Coeficiente de Curvatura (C <sub>z</sub> )
0.21	1.08	3.27	15.57	1.7

Fuente: (Propia)

#### CONCLUSIONES

Por medio de la granulometría se puede concluir los diferentes porcentajes del tipo de suelo. Hay presencia de ~~26%~~7% de gravas, ~~68.32%~~87% de arenas y 5.68% de finos (v. Tabla 42). A simple vista el suelo con el que estamos tratando es un suelo arenoso. Con estos porcentajes se concluye que hay más presencia de arenas en el suelo.

Si comparamos los coeficientes con las condiciones que SUCS provee se puede concluir que el suelo está bien graduado. El coeficiente de Uniformidad está dentro de la condición, el valor calculado de 15.57 es mayor que seis. Por otro lado, el Coeficiente de Curvatura, que dio 1.7, está entre uno y tres. Si una de estas dos condiciones falla automáticamente el suelo se considera mal graduado.

Se puede clasificar el suelo del ensaye según SUCS. Sin embargo, se necesitaría de su Límite Líquido y Plástico. Pero, se puede predecir el tipo de suelo que puede ser. Según esta clasificación el suelo recaerá en **arena bien graduada con limo y gravas**, porque el porcentaje de grava 7% < 15% y  $C_u 15.57 > 6$  y  $1 < 1.7 < 3$  (v. Tabla 42); es **ML** por la gráfica del Índice plástico (4) vs Límite Líquido (30), por lo tanto, es **SW-SM**.

### 5.3.3.2 LIMITES DE ATTERBERG

- El peso del agua equivale al peso de la tara + suelo húmedo – el peso de la tara + suelo seco.
- El peso el suelo seco es el peso de la tara + suelo seco – el peso de la tara.
- El contenido de humedad es el peso del agua entre el peso del suelo seco.

#### PRIMER ESTRATO

LIMITE LIQUIDO

*Tara N°1*

Peso suelo húmedo + tara = 31.81 + 155.5 = 187.31 gr

Peso suelo seco + tara = 22.97 + 155.5 = 178.47 gr

Peso del agua = 187.31 - 178.47 = 8.84 gr

Contenido de humedad = 8.84 / 22.97 = 0.2848 x 100 = 38.48 %

Numero de golpes = 18 golpes.

*Tara N°2*

Peso suelo húmedo + lata = 20 + 150.8 = 170.8.gr

Peso suelo seco + lata = 15.36 + 150.8 = 166.16 gr

Peso del agua = 170.8 – 166.16 = 4.64 gr

Contenido de humedad = 4.64 / 15.36 = 0.3020 x 100 = 30.2 %

Numero de golpes = 27 golpes.

*Tara N°3*

Peso suelo húmedo + lata = 21.65 + 165.3 = 186.95 gr

Peso suelo seco + lata = 17.05 + 165.3 = 182.35 gr

Peso del agua = 186.95 – 182.35 = 4.6 gr

Contenido de humedad = 4.6 / 17.05 = 0.2697 x 100 = 26.97 %

Numero de golpes = 32 golpes.

**Tabla 47. Resumen de limite líquido.**

Lata No.	T1	T2	T3
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	187.31	170.80	186.95
Peso Suelo Seco + Lata (g)	178.47	166.16	182.35
Peso Lata (g)	155.5	150.80	165.30
Peso del Agua (g)	8.84	4.64	4.60
Peso Suelo Seco (g)	22.97	15.36	17.05
Contenido de Humedad (%)	38.48	30.21	26.98
No. de Golpes	18	27	32

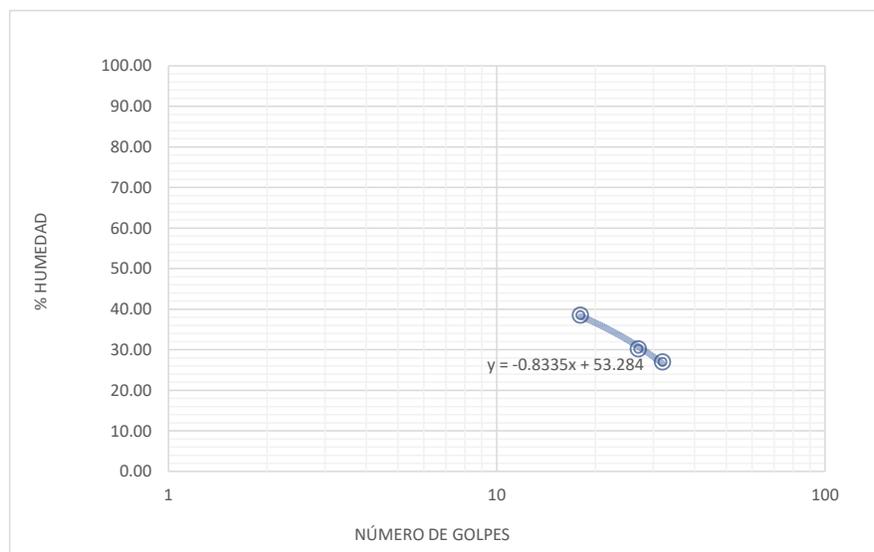
Fuente: (Propia)

La curva de fluidez nos brinda la función:

$Y = -0.8335 (25) + 53.284 = 32.44$ , donde X es el número de golpes. (v. figura 1)

Por lo tanto, limite liquido = 32%

**Ilustración 85. Curva de fluidez primer estrato.**



Fuente: (Propia)

LIMITE PLÁSTICO

- El peso del agua equivale al peso de la tara + suelo húmedo – el peso de la tara + suelo seco.
- El peso el suelo seco es el peso de la tara + suelo seco – el peso de la tara.
- El contenido de humedad es el peso del agua ente el peso del suelo seco.

Tara N°1

Peso suelo húmedo + tara = 12.19 + 155.5 = 167.69 gr

Peso suelo seco + tara = 9.12 + 155.5 = 164.62 gr

Peso del agua = 167.69 – 164.62 = 3.07 gr

Contenido de humedad = 3.07 / 9.12 = 0.3366 x 100 = 33%

**Tabla 48. Resumen limite plástico primer estrato.**

Lata No.	T1
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	167.69
Peso Suelo Seco + Lata (g)	164.62
Peso Lata (g)	155.50
Peso del Agua (g)	3.07
Peso Suelo Seco (g)	9.12
Contenido de Humedad (%)	33.66

Fuente: (Propia)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$$IP = 31.88 - 33 = 1.11\%$$

CONCLUSIONES

El número de goles necesarios para cerrar la ranura fueron 32, 27 y 18 golpes lo cual se llegó a porcentajes de 26.98%, 30.21% y 38.48%, estos resultados dependieron del contenido de humeado del suelo.

El límite de líquido encontrado fue de un 32% con estos datos nos podemos ir según grafica de plasticidad del SUCS (V. Figura3), se está en un suelo ML, lo que significa un suelo con arcilla de baja plasticidad, este resultado quiere decir que se tiene poca cantidad de minerales arcillosos en el suelo así como la compresibilidad y cohesión.

## Segundo estrato

LIMITE LIQUIDO

TARA N°1

Peso suelo húmedo + tara =  $20.35 + 155.65 = 176$  gr

Peso suelo seco + tara =  $15.78 + 155.65 = 171.43$  gr

Peso del agua =  $176 - 171.43 = 4.57$  gr

Contenido de humedad =  $4.57 / 15.78 = 0.2896 \times 100 = 28.96 \%$

Numero de golpes = 30 golpes.

Tara N°2

Peso suelo húmedo + lata =  $20.6 + 150.87 = 171.47$ gr

Peso suelo seco + lata =  $15.86 + 150.87 = 166.73$ gr

Peso del agua =  $171.47 - 166.73 = 4.74$ gr

Contenido de humedad =  $4.74 / 15.86 = 0.2988 \times 100 = 29.88\%$

Numero de golpes = 28 golpes.

Tara N°3

Peso suelo húmedo + lata =  $20 + 172.36 = 192.36$  gr

Peso suelo seco + lata =  $15.0 + 172.36 = 187.46$  gr

Peso del agua =  $192.36 - 187.44 = 4.92$ gr

Contenido de humedad =  $4.92 / 15.0 = 0.328 \times 100 = 32.8\%$

Numero de golpes = 15 golpes.

**Tabla 49. Resumen Limite plástico segundo estrato.**

Lata No.	T1	T2	T3
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	176.00	171.46	192.36
Peso Suelo Seco + Lata (g)	171.43	166.73	187.46
Peso Lata (g)	155.65	150.87	172.36
Peso del Agua (g)	4.57	4.73	4.90
Peso Suelo Seco (g)	15.78	15.86	15.10
Contenido de Humedad (%)	28.96	29.82	32.45
No. de Golpes	30	28	15

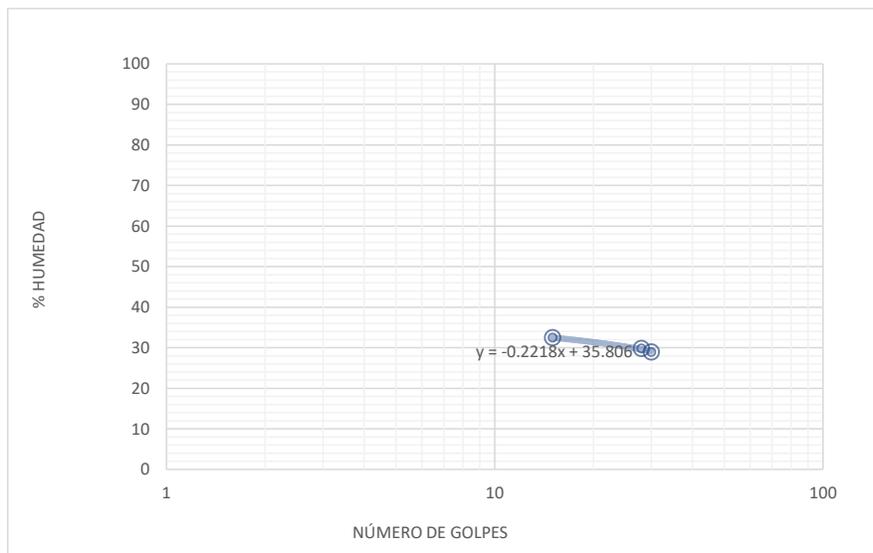
Fuente: (Propia)

La curva de fluidez nos brinda la función:

$Y = -0.2217 (25) + 35.805 = 30.26$ , donde X es el número de golpes. (v. figura 1)

Por lo tanto, limite liquido = 30%

**Ilustración 86. Curva de fluidez primer estrato.**



Fuente: (Propia)

LIMITE PLÁSTICO

Tara N°1

Peso suelo húmedo + lata = 14.73 + 152.67 = 167.4 gr

Peso suelo seco + lata = 11.69 + 152.67 = 164.36 gr

Peso del agua = 167.4 – 164.36 = 3.04 gr

Contenido de humedad = 3.04 / 11.69 = 0.2600 x 100 = 26%

**Tabla 50. Resumen limite plástico segundo estrato.**

Lata No.	T1
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	167.40
Peso Suelo Seco + Lata (g)	164.36
Peso Lata (g)	152.67
Peso del Agua (g)	3.04
Peso Suelo Seco (g)	11.69
Contenido de Humedad (%)	26.01

Fuente: (Propia)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$$IP = 30.41 - 26 = 4.41\%$$

CONCLUSIONES

El número de goles necesarios para cerrar la ranura fueron 30, 28 y 15 golpes lo cual se llegó a porcentajes de 28.96%, 29.82% y 32.45%, estos resultados dependieron del contenido de humedad del suelo.

El límite de líquido encontrado fue de un 30% con estos datos nos podemos ir según grafica de plasticidad del USCS (V. Figura3), se está en un suelo ML, lo que significa un suelo con arcilla de baja plasticidad, este resultado quiere decir que se tiene poca cantidad de minerales arcillosos en el suelo, así como la compresibilidad y cohesión.

### 5.3.3.3 CBR

Por medio de los ensayos anteriormente descritos, se logró la categorización del suelo para cada uno de sus estratos. Con dicha clasificación se procede a realizar una correlación que nos permitirá determinar un valor de CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) para nuestra subrasante.

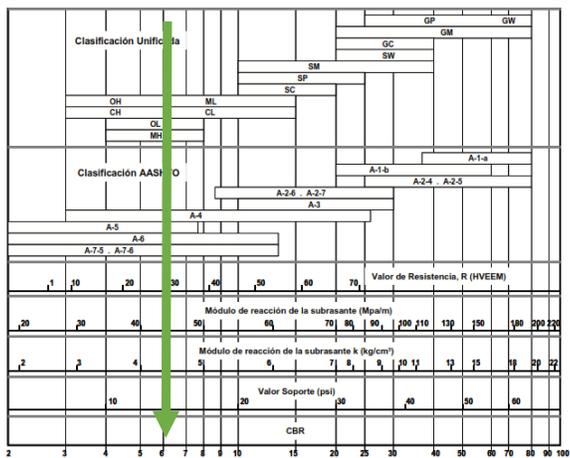
Utilizando la clasificación del primer estrato obtenida en los ensayos anteriores dando como resultado un suelo con clasificación ML, lo que significa un suelo con arcilla de baja plasticidad, determinamos un valor de CBR según el gráfico de correlación aproximada entre clasificación de los suelos y los diferentes ensayos (v. Ilustración 90).

Los valores aproximados brindados por el grafico están en un rango de 3 a 15, por lo que utilizamos el mayor valor y le aplicamos un factor que nos permita ser conservadores en el diseño de un 40%.

**Ecuación 36. Determinación de CBR.**

$$CBR = 15 * 0.40 = 6$$

Fuente: (Propia)



**Ilustración 87. Correlación aproximada entre clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.**

Fuente: (Iturbide, 2002, pag. 77)

#### 5.3.4 ANÁLISIS DEL TRÁNSITO

Para el cálculo del tránsito promedio diario (TPD) se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Vía en casco urbano, no comercial.

El casco urbano cuenta con único acceso, con un ancho de vía de 4 metros con limitando radio de giro en las curvas, lo que dificulta la movilidad en vehículos largos.

Debido a la topografía y geometría de la calle existente, el tráfico pesado es nulo y no se contemplará en el diseño.

**Tabla 51. Parámetros de diseño.**

<b>TPD</b>	<b>Periodo de Diseño (años)</b>	<b>Tasa de Crecimiento</b>	<b>Factor de Seguridad de Carga</b>
10	20	3%	1.0

Fuente: (Propia)

No se implementarán dentro del diseño los pasadores de losas, ya que no se tiene proyectado el tránsito de vehículos pesados en la vía de diseño.

**Tabla 52. Configuración del tráfico en La Vega.**

<b>% Vehículo Liviano</b>	<b>% Vehículo Pesado</b>
100%	0%

Fuente: (Propia)

La tabla siguiente (v. Tabla 39) resume el ESAL de diseño tomando en cuenta el TPD, factor de crecimiento y el periodo de diseño.

**Tabla 53. Ejes equivalentes (ESAL)**

Tipo de Vehículo	TPD	TPD*365	F.C.	ESAL en el carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESAL de Diseño
Autos y Combinaciones	15	5475	0.0001	0.5475	26.87	14.71
Total	15	5475				14.71

Fuente: (Propia)

### 5.3.5 CALCULO DE PERALTES ESTRUCTURALES

Se asume como referencia un espesor de losa mínimo de 100 mm y 100 mm de subbase granular no considerando el uso de dovelas.

Teniendo en cuenta los parámetros de diseño anteriormente mencionados, se procedió a realizar la iteración con los valores estipulados haciendo uso de Microsoft Excel.

Cálculo de Espesor de Losa para Pavimento Concreto Hidráulico				
Obra : Diseño vía rural de 2 carriles, Subbase Granular			Subbase e (m)	0.15
Espesor de Losa (Carpeta)		0.11	m	
K combinado		48.00	Mpa/a	
Modulo de Rotura MR		4.50	Mpa	
Factor de Seguridad de la Carga FSC		1.00		
Juntas con pasadores	si		no	x
Berma de concreto	si		no	x
Periodo de diseño	20.00	años		
			14.71	

**Ilustración 88. Parámetros del diseño.**

Fuente: (Propia)

En la columna 1: se introducen las magnitudes de las cargas por eje.

En la Columna 2: se multiplican las magnitudes de las cargas por eje de la columna 1, por el factor de seguridad de la carga (FSC).

En la Columna 3: se introducen los datos de las repeticiones de carga por ejes esperadas.

### 5.3.5.1 ESFUERZO EQUIVALENTE

Se determinan el valor de k para subbase haciendo uso de la tabla (v. Ilustración 65) según el valor de k de la subrasante obtenido anteriormente por correlación, para un espesor de tanteo de 150 mm de subbase granular.

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa/m	Lb/pulg <sup>2</sup>
20	73	23	85	26	96	35	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Ilustración 89. Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k.

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 71)

Con el nuevo valor de K del conjunto subrasante / subbase definido procedemos interpolar para calcular el esfuerzo equivalente

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42	4.75	4.38	4.13	3.66	3.45
110	4.74	4.16	3.85	3.63	3.23	3.06
120	4.19	3.69	3.41	3.23	2.88	2.73
130	3.75	3.30	3.06	2.89	2.59	2.46
140	3.37	2.97	2.76	2.61	2.34	2.23
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.13	2.03
160	2.79	2.47	2.29	2.17	1.95	1.86
170	2.56	2.26	2.10	1.99	1.80	1.71
180	2.37	2.09	1.94	1.84	1.66	1.58
190	2.19	1.94	1.80	1.71	1.54	1.47
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.43	1.37
210	1.91	1.68	1.56	1.48	1.34	1.28
220	1.79	1.57	1.46	1.39	1.26	1.20
230	1.68	1.48	1.38	1.31	1.18	1.13
240	1.58	1.39	1.30	1.23	1.11	1.03
250	1.49	1.32	1.22	1.16	1.05	1.00
260	1.41	1.25	1.16	1.10	0.99	0.95
270	1.34	1.18	1.10	1.04	0.94	0.90
280	1.28	1.12	1.04	0.99	0.89	0.86
290	1.22	1.07	0.99	0.94	0.85	0.81
300	1.16	1.02	0.95	0.90	0.81	0.78
310	1.11	0.97	0.90	0.86	0.77	0.74
320	1.06	0.93	0.86	0.82	0.74	0.71
330	1.02	0.89	0.83	0.78	0.71	0.68
340	0.98	0.85	0.79	0.75	0.68	0.65
350	0.94	0.82	0.76	0.72	0.65	0.62

Ilustración 90. Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulico (eje sencillo).

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 80)

### 5.3.5.2 FACTOR DE EROSIÓN

Con el nuevo valor de K del conjunto subrasante / subbase definido procedemos a calcular el factor de erosión haciendo uso de las tablas

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	3.94	3.92	3.90	3.88	3.84	3.80
110	3.82	3.79	3.78	3.76	3.72	3.69
120	3.71	3.68	3.67	3.65	3.62	3.59
130	3.61	3.58	3.56	3.55	3.52	3.50
140	3.52	3.49	3.47	3.46	3.43	3.41
150	3.43	3.40	3.38	3.37	3.34	3.32
160	3.35	3.32	3.30	3.29	3.26	3.24
170	3.28	3.24	3.22	3.21	3.18	3.17
180	3.21	3.17	3.15	3.14	3.11	3.10
190	3.15	3.11	3.08	3.07	3.04	3.03
200	3.09	3.04	3.02	3.01	2.98	2.96
210	3.04	2.99	2.96	2.95	2.92	2.90
220	2.98	2.93	2.90	2.89	2.86	2.85
230	2.93	2.88	2.85	2.83	2.80	2.79
240	2.89	2.83	2.80	2.78	2.75	2.74
250	2.84	2.78	2.75	2.73	2.70	2.69
260	2.80	2.73	2.70	2.69	2.65	2.64
270	2.76	2.69	2.66	2.64	2.61	2.59
280	2.72	2.65	2.62	2.60	2.56	2.55
290	2.68	2.61	2.58	2.56	2.52	2.50
300	2.65	2.57	2.54	2.52	2.48	2.46
310	2.61	2.54	2.50	2.48	2.44	2.42
320	2.58	2.50	2.47	2.44	2.40	2.38
330	2.55	2.47	2.43	2.41	2.36	2.35
340	2.52	2.44	2.40	2.37	2.33	2.31
350	2.49	2.41	2.37	2.34	2.29	2.28

**Ilustración 91. Factor de erosión para ejes sencillos. Pavimentos de concreto hidráulico sin dovelas y sin hombros de concreto hidráulico.**

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 88)

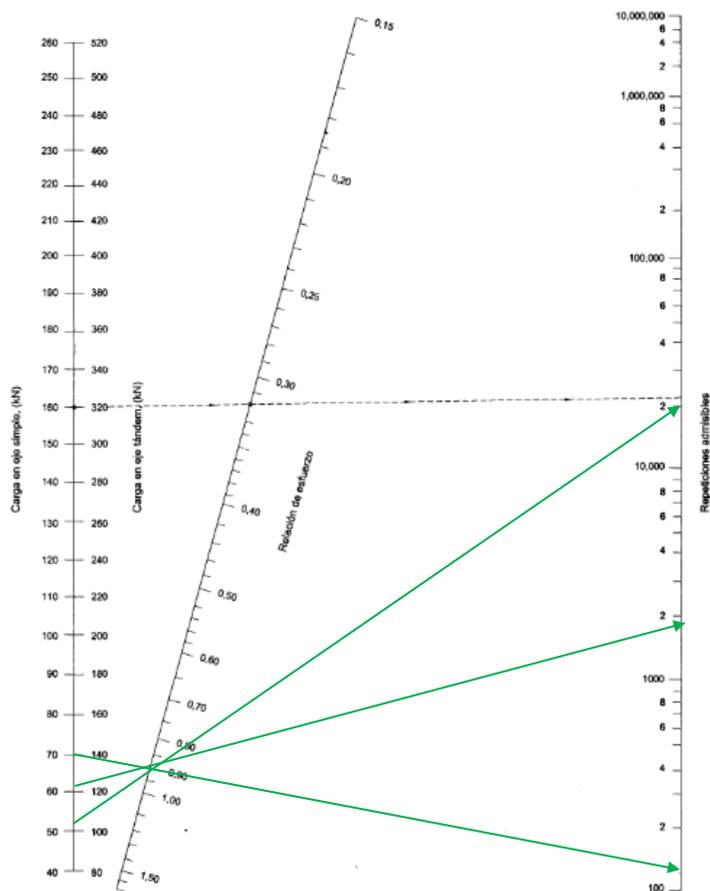
Luego de esto se calcula la relación de esfuerzos, dividiendo el esfuerzo equivalente entre el módulo de rotura del concreto.

En la columna 4: se introducen las repeticiones admisibles del análisis por fatiga, las cuales fueron obtenidas del nomograma "Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto" (v. Ilustración 70).

En la columna 5: se calcula el porcentaje de fatiga obtenido, dividiendo la columna 3 entre la columna 4.

En la columna 6: se introducen las repeticiones admisibles del análisis por erosión, las cuales fueron obtenidas del nomograma "Repeticiones admisibles en función del factor erosión en pavimentos sin hombros de concreto".

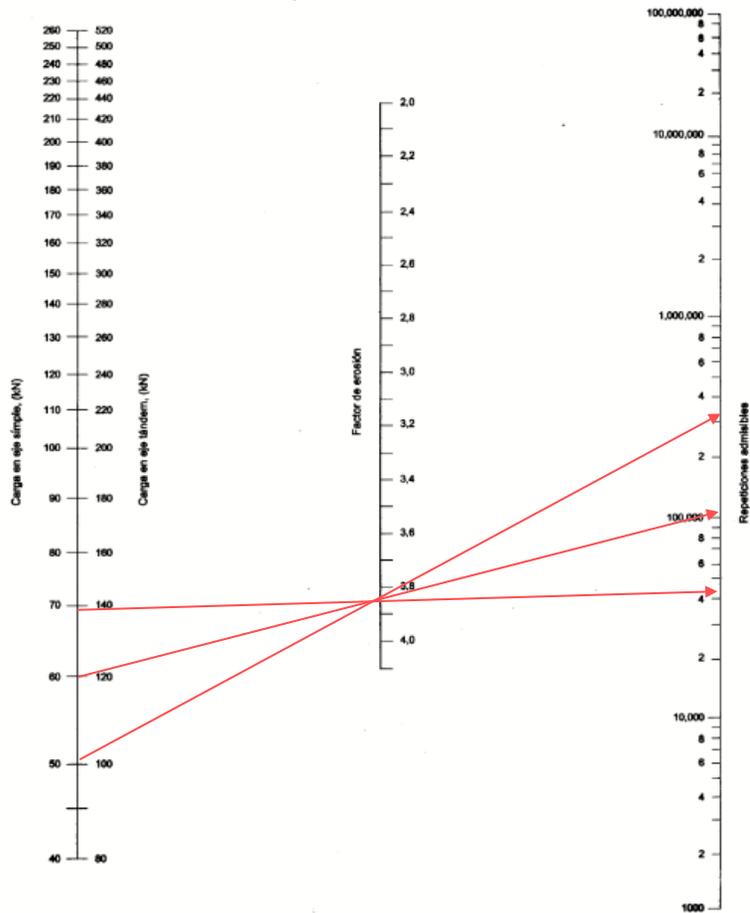
En la columna 7: se calcula el porcentaje de daño obtenido, dividiendo la columna 3 entre la columna 6.



**Ilustración 92. Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto.**

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 79)

**Figura 7-36**  
**Análisis de erosión, sin hombros de concreto. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos sin hombros de concreto hidráulico**



**Ilustración 93. Análisis de erosión. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos sin hombros de concreto hidráulico.**

Fuente: (Iturbide, 2002, pág. 85)

Carga por eje en KN	Multiplicado por FSC	Repeticiones esperadas	Análisis de fatiga		Análisis de erosión	
			Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga (%)	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño (%)
1	2	3	4	5	6	7
Esfuerzo Equivalente =			4.02		Factor de erosión = 3.79	
Factor de relación de esfuerzos =			0.89			
<b>Ejes sencillos</b>						
	-					
	-					
	-					
71.10	71.10	2.94	200.00	1.47	50,000.00	0.01
62.20	62.20	5.88	3,000.00	0.20	110,000.00	0.01
53.30	53.30	5.88	30,000.00	0.02	350,000.00	0.00
		14.71				
		-	TOTAL	1.69		0.01
				OK		OK

**Ilustración 94. Resultados análisis por fatiga y erosión.**

Fuente: (Propia)

Según los parámetros de tanteo planteados se cumplen los porcentajes de erosión y fatiga para el diseño de pavimento hidráulico.

#### 5.3.6 CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL

Sector	Subsector	Actividad	Descripción	CIU-3	Código	Categoría
10.	A.	005.	Rehabilitación	SC	10A005	1
Infraestructura, Construcción y Vivienda	Infraestructura	Rehabilitación de red vial pavimentada	de red vial pavimentada, que incluye remoción y reconstrucción de la capa asfáltica o concreto			

**Ilustración 95. Tabla resumen categorización ambiental pavimentación hidráulica aldea La Palca.**

Fuente: (Propia)

### 5.3.7 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO

- Tasa de crecimiento: 1.8%
- Periodo de Diseño (t) = 20 años
- Población Actual (Pn) = 371 hab

$$Pf = Pn (1 + n)^t$$

$$Pf = 371 (1 + 0.018)^{20} = 531 \text{ habitantes}$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Población}}{\text{Area Urbana}} = \frac{531 \text{ habitantes}}{1.72 \text{ ha}} = 309 \text{ hab/ha}$$

Dotación = 60 lppd

Caudal de diseño = Q Domestico + Q infiltración + Q Industrial + Q Comercial + Q inst.. Publicas.

TRAMO A4-A3

#### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.069 \times 60 \times 4 \times 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0632 \text{ l/s}$$

#### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{19.52 \text{ m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.2012 \text{ l/s}$$

#### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilicito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{llicito}} = \frac{30\% \times 0.069 \times 309 \times 60 \times 0.8}{86400} = 0.0047 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño } (Q_d) = 0.0632 \text{ l/s} + 0.2012 \text{ l/s} + 0.0047 \text{ l/s} = 0.2691 \text{ l/s}$$

#### 4. Caudal Acumulado

El tramo A4-A3 es inicial, por lo que el caudal será 0.2691 l/s

#### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida A4} - \text{Elevación invertida A3}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{102.69 - 101.52}{19.52 \text{ m}} = 6\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

#### 6. Caudal de llenado ( $Q_{LL}$ )

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (6\%)^{\frac{1}{2}} = 0.1044 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q_{\text{llenado}}}$$

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{0.2691 \times 10^{-3}}{0.1044} = 0.003$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior la relación ( $Q_p/Q_{ll}$ ) para luego encontrar el valor de velocidad parcial vs la relación de velocidad a tubo lleno ( $V_p/V_f$ ) dando 0.380

#### 9. Velocidad a tubo lleno ( $V_{LL}$ )

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$VLL = \frac{0.10444}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 3.32 \text{ m/s}$$

#### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$

$$Vp = 3.32 * 0.24 = 0.80 \text{ m/s}$$

#### TRAMO A3-A2

##### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} * \text{Area Tributaria} * \text{dotación} * \text{Harmond} * \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 * 0.069 * 60 * 4 * 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0632 \text{ l/s}$$

##### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 * \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{9.71 \text{ m}}{100} + 0.004 * 1.5 = 0.1031 \text{ l/s}$$

##### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% * \text{Area Tributaria} * \text{Densidad} * \text{Dotación} * \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{llicito}} = \frac{30\% \times 0.069 \times 309 \times 60 \times 0.8}{86400} = 0.0047 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño } (Q_d) = 0.0632 \text{ l/s} + 0.1031 \text{ l/s} + 0.0047 \text{ l/s} = 0.1710 \text{ l/s}$$

#### 4. Caudal Acumulado

El tramo A3-A2 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el correspondiente al tramo A3-A2 que es 0.1710 l/s más el caudal anterior del tramo A4-A3 que es 0.2691 l/s que equivale a 0.4401 l/s

#### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos. Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida A3} - \text{Elevación invertida A2}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{101.55 - 100.55}{9.71 \text{ m}} = 10\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

#### 6. Caudal de llenado ( $Q_{LL}$ )

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (10\%)^{\frac{1}{2}} = 0.1714$$

#### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q_{\text{llenado}}}$$

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{0.4401 \times 10^{-3}}{0.1368} = 0.003$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior la relación ( $Q_p/Q_{lleno}$ ) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno ( $V_p/V_f$ ) dando 0.380

#### 9. Velocidad a tubo lleno ( $V_{LL}$ )

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$VLL = \frac{0.1368}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 4.36 \text{ m/s}$$

#### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$

$$Vp = 4.36 * 0.24 = 1.05 \text{ m/s}$$

TRAMO A2-A1

#### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} * \text{Area Tributaria} * \text{dotación} * \text{Harmond} * \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 * 0.131 * 60 * 4 * 309 \text{ hab}}{86400} = 0.1199 \text{ l/s}$$

#### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 * \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{24.57 \text{ m}}{100} + 0.004 * 1.5 = 0.2517 \text{ l/s}$$

#### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% * \text{Area Tributaria} * \text{Densidad} * \text{Dotación} * \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{lítico}} = \frac{30\% \times 0.131 \times 309 \times 60 \times 0.8}{86400} = 0.0090 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.1199 \text{ l/s} + 0.2517 \text{ l/s} + 0.0090 \text{ l/s} = 0.3806 \text{ l/s}$$

#### 4. Caudal Acumulado

El tramo A2-A1 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el correspondiente al tramo A2-A1 que es 0.3806 l/s más el caudal anterior del tramo A3-A2 que es 0.4401 l/s que equivale a 0.8208 l/s

#### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida A2} - \text{Elevación invertida A1}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{100.55 - 96.58}{24.57 \text{ m}} = 16\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

#### 6. Caudal de llenado (Q<sub>ll</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (16\%)^{\frac{1}{2}} = 0.1714$$

#### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q_{\text{llenado}}}$$

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{0.8208 \times 10^{-3}}{0.1714} = 0.005$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior de la relación (Q<sub>p</sub>/Q<sub>lleno</sub>) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno (V<sub>p</sub>/V<sub>f</sub>) dando 0.5200

### 9. Velocidad a tubo lleno (V<sub>LL</sub>)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$V_{LL} = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$V_{LL} = \frac{0.1714}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 5.46 \text{ m/s}$$

### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (V<sub>p</sub>/V<sub>LL</sub>)

$$V_p = V_{LL} * \frac{V_p}{V_{LL}}$$

$$V_p = 5.46 * 0.27 = 1.47 \text{ m/s}$$

TRAMO A1-A0

#### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} * \text{Area Tributaria} * \text{dotación} * \text{Harmond} * \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 * 0.184 * 60 * 4 * 309 \text{ hab}}{86400} = 0.1685 \text{ l/s}$$

#### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 * \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{44.11 \text{ m}}{100} + 0.004 * 1.5 = 0.4471 \text{ l/s}$$

#### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% * \text{Area Tributaria} * \text{Densidad} * \text{Dotación} * \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{lítico}} = \frac{30\% \times 0.184 \times 309 \times 60 \times 0.8}{86400} = 0.0126 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.1685 \text{ l/s} + 0.4471 \text{ l/s} + 0.0126 \text{ l/s} = 0.6282 \text{ l/s}$$

#### 4. Caudal Acumulado

El tramo A1-A0 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el caudal de diseño correspondiente al tramo A1-A0 que es 0.6282 l/s más el caudal acumulado anterior del tramo A2-A1 que es 0.8208 l/s que equivale a 1.4490 l/s

#### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida A1} - \text{Elevación invertida A0}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{96.58 - 86.23}{44.11 \text{ m}} = 23\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

#### 6. Caudal de llenado (Q<sub>ll</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (23\%)^{\frac{1}{2}} = 0.2065$$

#### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q_{\text{llenado}}}$$

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{1.4490 \times 10^{-3}}{0.2065} = 0.007$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior de la relación (Q<sub>p</sub>/Q<sub>lleno</sub>) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno (V<sub>p</sub>/V<sub>f</sub>) dando 0.6000

### 9. Velocidad a tubo lleno (V<sub>LL</sub>)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$V_{LL} = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$V_{LL} = \frac{0.2065}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 6.57 \text{ m/s}$$

### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (V<sub>p</sub>/V<sub>LL</sub>)

$$V_p = V_{LL} * \frac{V_p}{V_{LL}}$$

$$V_p = 6.57 * 0.2920 = 1.92 \text{ m/s}$$

TRAMO B4-B3

#### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} * \text{Area Tributaria} * \text{dotación} * \text{Harmond} * \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 * 0.086 * 80 * 4 * 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0787 \text{ l/s}$$

#### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 * \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{20.04 \text{ m}}{100} + 0.004 * 1.5 = 0.2064 \text{ l/s}$$

#### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% * \text{Area Tributaria} * \text{Densidad} * \text{Dotación} * \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{lícito}} = \frac{30\% \times 0.086 \times 309 \times 80 \times 0.8}{86400} = 0.0059 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.0787 \text{ l/s} + 0.2064 \text{ l/s} + 0.0059 \text{ l/s} = 0.2910 \text{ l/s}$$

#### 4. Caudal Acumulado

El tramo B4-B3 es inicial, por lo que el caudal será 0.2910 l/s

#### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida B4} - \text{Elevación invertida B3}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{102.69 - 102.32}{20.04 \text{ m}} = 2\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

#### 6. Caudal de llenado (Q<sub>ll</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (2\%)^{\frac{1}{2}} = 0.0579 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q_{\text{llenado}}}$$

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{0.2910 \times 10^{-3}}{0.0579} = 0.005$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior la relación (Q<sub>p</sub>/Q<sub>lleno</sub>) para luego encontrar el valor de velocidad parcial vs la relación de velocidad a tubo lleno (V<sub>p</sub>/V<sub>f</sub>) dando 0.520

#### 9. Velocidad a tubo lleno (V<sub>ll</sub>)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$VLL = \frac{0.0579}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 1.84 \text{ m/s}$$

#### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$

$$Vp = 1.84 * 0.27 = 0.50 \text{ m/s}$$

TRAMO B3-B2

#### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.067 \times 80 \times 4 \times 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0613 \text{ l/s}$$

#### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{43.7 \text{ m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.4430 \text{ l/s}$$

#### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{lícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{lícito}} = \frac{30\% \times 0.067 \times 309 \times 80 \times 0.8}{86400} = 0.0046 \text{ l/s}$$

Caudal de diseño ( $Q_d$ ) = 0.0613 l/s + 0.4430 l/s + 0.0046 l/s = 0.5089 l/s

#### 4. Caudal Acumulado

El tramo B3-B2 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el correspondiente al tramo B3-B2 que es 0.5089 l/s más el caudal anterior del tramo B4-B3 que es 0.2910 l/s que equivale a 0.800 l/s

#### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida B3} - \text{Elevación invertida B2}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{102.32 - 98.48}{43.7 \text{ m}} = 9\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

#### 6. Caudal de llenado ( $Q_{ll}$ )

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{ll} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{ll} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (9\%)^{\frac{1}{2}} = 0.1264$$

#### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q_{\text{llenado}}}$$

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{0.800 \times 10^{-3}}{0.1264} = 0.006$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.570

#### 9. Velocidad a tubo lleno (V<sub>LL</sub>)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$V_{LL} = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$V_{LL} = \frac{0.1264}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 4,02 \text{ m/s}$$

#### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$V_p = V_{LL} * \frac{V_p}{V_{LL}}$$

$$V_p = 4.02 * 0.28 = 1.13 \text{ m/s}$$

TRAMO B2-B1

#### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} * \text{Area Tributaria} * \text{dotación} * \text{Harmond} * \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 * 0.034 * 80 * 4 * 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0311 \text{ l/s}$$

#### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 * \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} * \frac{7.57 \text{ m}}{100} + 0.004 * 1.5 = 0.0817 \text{ l/s}$$

### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times 0.034 \times 309 \times 80 \times 0.8}{86400} = 0.0023 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.0311 \text{ l/s} + 0.0817 \text{ l/s} + 0.0023 \text{ l/s} = 0.1152 \text{ l/s}$$

### 4. Caudal Acumulado

El tramo B2-B1 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el correspondiente al tramo B2-B1 que es 0.1152 l/s más el caudal anterior del tramo B3-B2 que es 0.800 l/s que equivale a 0.9151 l/s

### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida B2} - \text{Elevación invertida B1}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{98.48 - 98.06}{7.57 \text{ m}} = 6\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

### 6. Caudal de llenado (Q<sub>ll</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (6\%)^{\frac{1}{2}} = 0.1004$$

### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q_{\text{llenado}}}$$

$$\frac{Qp}{Qll} = \frac{0.9151 \times 10^{-3}}{0.1004} = 0.009$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior de la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.6800

#### 9. Velocidad a tubo lleno (VLL)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$VLL = \frac{0.1004}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 3.20 \text{ m/s}$$

#### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$

$$Vp = 3.20 * 0.3400 = 1.09 \text{ m/s}$$

TRAMO B1-B0

#### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.033 \times 80 \times 4 \times 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0302 \text{ l/s}$$

#### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{13.58 \text{ m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.1418 \text{ l/s}$$

### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times 0.033 \times 309 \times 80 \times 0.8}{86400} = 0.0023 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.0302 \text{ l/s} + 0.1418 \text{ l/s} + 0.0023 \text{ l/s} = 0.1743 \text{ l/s}$$

### 4. Caudal Acumulado

El tramo B1-B0 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el caudal de diseño correspondiente al tramo B1-B0 que es 0.1743 l/s más el caudal acumulado anterior del tramo B2-B1 que es 0.9151 l/s que equivale a 1.0894 l/s

### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos. Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida B1} - \text{Elevación invertida B0}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{98.06 - 97.33}{13.58 \text{ m}} = 5\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

### 6. Caudal de llenado (Q<sub>LL</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (5\%)^{\frac{1}{2}} = 0.0989$$

### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Qp}{Ql} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q \text{ llenado}}$$
$$\frac{Qp}{Ql} = \frac{1.0894 \times 10^{-3}}{0.0989} = 0.011$$

### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior de la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.0700

### 9. Velocidad a tubo lleno (V<sub>LL</sub>)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$
$$VLL = \frac{0.0989}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 3.15 \text{ m/s}$$

### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$
$$Vp = 3.15 * 0.290 = 0.91 \text{ m/s}$$

## TRAMO C4-C3

### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$
$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.066 \times 80 \times 4 \times 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0604 \text{ l/s}$$

### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{24.24 \text{ m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.2484 \text{ l/s}$$

### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times 0.066 \times 309 \times 80 \times 0.8}{86400} = 0.0045 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.0604 \text{ l/s} + 0.2484 \text{ l/s} + 0.0045 \text{ l/s} = 0.3134 \text{ l/s}$$

### 4. Caudal Acumulado

El tramo C4-C3 es inicial, por lo que el caudal será 0.3134 l/s

### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida C4} - \text{Elevación invertida C3}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{104.14 - 102.88}{24.24 \text{ m}} = 5\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

### 6. Caudal de llenado (Q<sub>LL</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (5\%)^{\frac{1}{2}} = 0.0972 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Qp}{Qll} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q \text{ llenado}}$$

$$\frac{Qp}{Qll} = \frac{0.3134 \times 10^{-3}}{0.0972} = 0.003$$

#### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de velocidad parcial vs la relación de velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.380

#### 9. Velocidad a tubo lleno (VLL)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$VLL = \frac{0.0972}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 3.09 \text{ m/s}$$

#### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$

$$Vp = 3.09 * 0.24 = 0.74 \text{ m/s}$$

#### TRAMO C3-C2

##### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.06 \times 80 \times 4 \times 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0549 \text{ l/s}$$

##### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{5.52 \text{ m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.0612 \text{ l/s}$$

### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times 0.06 \times 309 \times 80 \times 0.8}{86400} = 0.0041 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.0549 \text{ l/s} + 0.0612 \text{ l/s} + 0.0041 \text{ l/s} = 0.1203 \text{ l/s}$$

### 4. Caudal Acumulado

El tramo C3-C2 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el correspondiente al tramo C3-C2 que es 0.1203 l/s más el caudal anterior del tramo C4-C3 que es 0.3134 l/s que equivale a 0.4336 l/s

### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos. Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida C3} - \text{Elevación invertida C2}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{102.88 - 102.52}{5.52 \text{ m}} = 7\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

### 6. Caudal de llenado (Q<sub>LL</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (7\%)^{\frac{1}{2}} = 0.1089$$

### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Qp}{Qll} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q \text{ llenado}}$$
$$\frac{Qp}{Qll} = \frac{0.4336 \times 10^{-3}}{0.1089} = 0.004$$

### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.290

### 9. Velocidad a tubo lleno (VLL)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$VLL = \frac{0.1089}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 3.47 \text{ m/s}$$

### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$
$$Vp = 3.47 * 0.18 = 0.62 \text{ m/s}$$

## TRAMO C2-C1

### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.031 \times 80 \times 4 \times 309 \text{ hab}}{86400} = 0.0284 \text{ l/s}$$

### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{21.19 \text{ m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.2179 \text{ l/s}$$

### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times 0.031 \times 309 \times 80 \times 0.8}{86400} = 0.0021 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.0284 \text{ l/s} + 0.2179 \text{ l/s} + 0.0021 \text{ l/s} = 0.2484 \text{ l/s}$$

### 4. Caudal Acumulado

El tramo C2-C1 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el correspondiente al tramo C2-C1 que es 0.2484 l/s más el caudal anterior del tramo C3-C2 que es 0.4336 l/s que equivale a 0.6820 l/s

### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos.

Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida C2} - \text{Elevación invertida C1}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{102.52 - 100.53}{21.19 \text{ m}} = 9\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

### 6. Caudal de llenado (Q<sub>LL</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (9\%)^{\frac{1}{2}} = 0.1307$$

### 7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Qp}{Ql} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q \text{ llenado}}$$
$$\frac{Qp}{Ql} = \frac{0.6820 \times 10^{-3}}{0.1307} = 0.005$$

### 8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior de la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.3500

### 9. Velocidad a tubo lleno (V<sub>LL</sub>)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$
$$VLL = \frac{0.1307}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 4.16 \text{ m/s}$$

### 10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$
$$Vp = 4.16 * 0.19 = 0.79 \text{ m/s}$$

TRAMO C1-C0

### 1. Caudal Domestico

El caudal de las casas que hay en el tramo (entre los pozos) que abastecerán la red.

$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{\text{Factor de retorno} \times \text{Area Tributaria} \times \text{dotación} \times \text{Harmond} \times \text{Densidad}}{86400}$$
$$Q_{\text{Domestico}} = \frac{0.8 \times 0.813 \times 80 \times 4 \times 309 \text{ hab}}{86400} = 0.7443 \text{ l/s}$$

### 2. Caudal de Infiltración

Dependerá del tipo de tubería, en este caso es tubería PVC y será de 1.0 lt/seg/km y en el caso de infiltración de pozos se utilizará 0.004 l/s/tapadera.

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{\text{longitud de tramo}}{100} + 0.004 \times \text{tapadera}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 1 \text{ l/s/km} \times \frac{19.59 \text{ m}}{100} + 0.004 \times 1.5 = 0.2019 \text{ l/s}$$

### 3. Caudal Ilícito

Se toma el 30% del caudal medio diario por las conexiones ilícitas según la norma del SANAA.

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times \text{Area Tributaria} \times \text{Densidad} \times \text{Dotación} \times \text{Factor de Retorno}}{86400}$$

$$Q_{\text{ilícito}} = \frac{30\% \times 0.813 \times 309 \times 80 \times 0.8}{86400} = 0.0558 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de diseño (Qd)} = 0.7443 \text{ l/s} + 0.2019 \text{ l/s} + 0.0558 \text{ l/s} = 1.0021 \text{ l/s}$$

### 4. Caudal Acumulado

El tramo C1-C0 es sucesivo, por lo que el caudal acumulado será el caudal de diseño correspondiente al tramo C1-C0 que es 1.0021 l/s más el caudal acumulado anterior del tramo C2-C1 que es 0.6820 l/s que equivale a 1.6841 l/s

### 5. Pendiente %

Se restan las distancias de las invertidas de los pozos y se divide entre la separación entre pozos. Ver Tabla

$$P = \frac{\text{Elevación invertida C1} - \text{Elevación invertida C0}}{\text{Longitud entre pozos}}$$

$$P = \frac{100.53 - 97.51}{19.59 \text{ m}} = 15\%$$

Por lo que se aprueba ya que la pendiente máxima según el SANAA es 15% y la mínima de 0.5%

### 6. Caudal de llenado (Q<sub>LL</sub>)

Se define con la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = \frac{1}{n} * \frac{(\pi * d)^2}{4} * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{LL} = \frac{1}{0.01} * \frac{(\pi * 0.2)^2}{4} * \left(\frac{0.2}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (15\%)^{\frac{1}{2}} = 0.1674$$

7. Caudal parcial vs Caudal de llenado

$$\frac{Qp}{Ql} = \frac{\text{Caudal Acumulado}}{Q \text{ llenado}}$$
$$\frac{Qp}{Ql} = \frac{1.6841 \times 10^{-3}}{0.1674} = 0.010$$

8. Relación de Diámetros Y/D

Con respecto al caudal parcial y caudal de llenado, se busca en la tabla en la parte inferior de la relación (Qp/Qlleno) para luego encontrar el valor de la relación velocidad parcial vs velocidad a tubo lleno (Vp/Vf) dando 0.5700

9. Velocidad a tubo lleno (VLL)

Obteniendo el valor de la tabla de velocidad se encuentra la velocidad de llenado con la siguiente formula:

$$VLL = \frac{\text{Caudal de llenado}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$
$$VLL = \frac{0.1674}{\frac{\pi * 0.20^2}{4}} = 5.33 \text{ m/s}$$

10. Velocidad parcial

Teniendo la velocidad de llenado, se multiplica con el valor encontrado en la tabla que es el valor de la relación (Vp/VLL)

$$Vp = VLL * \frac{Vp}{VLL}$$
$$Vp = 5.33 * 0.28 = 1.49 \text{ m/s}$$

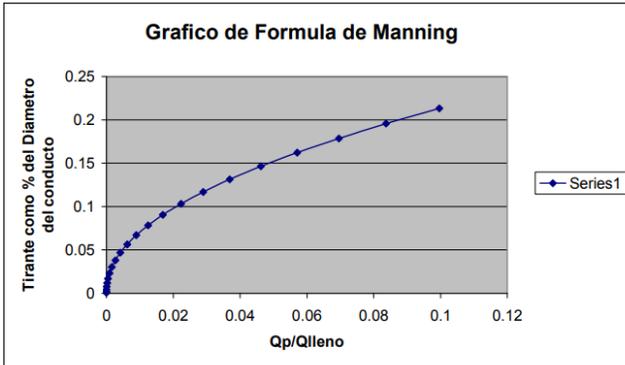


Ilustración 96. Gráfica de Formula de Manning.

Fuente: (Arocha, 1983)

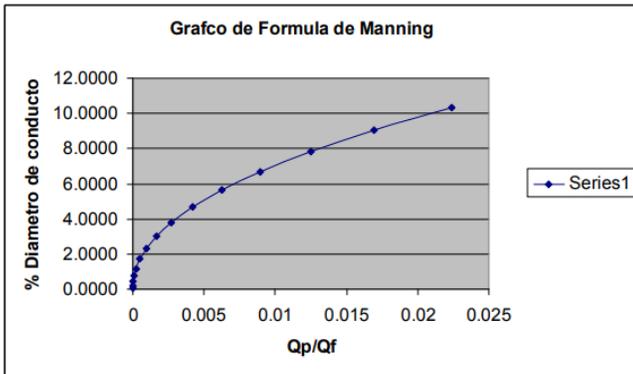


Ilustración 97. Gráfica de fórmula de Manning

Fuente: (Arocha, 1983)

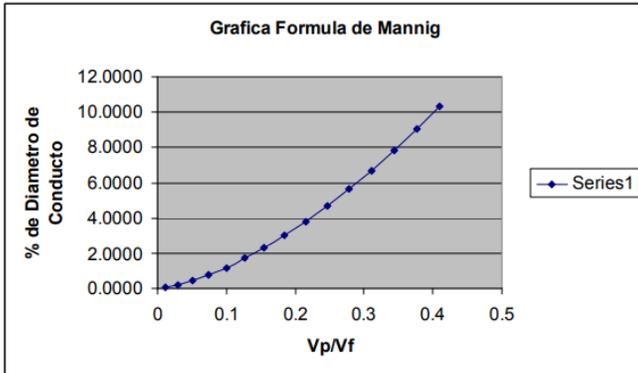


Ilustración 98. Gráfica fórmula de Manning.

Fuente: (Arocha, 1983)

En sewer Up se detallo el area total del sitio y las areas tributarias de los tramos.

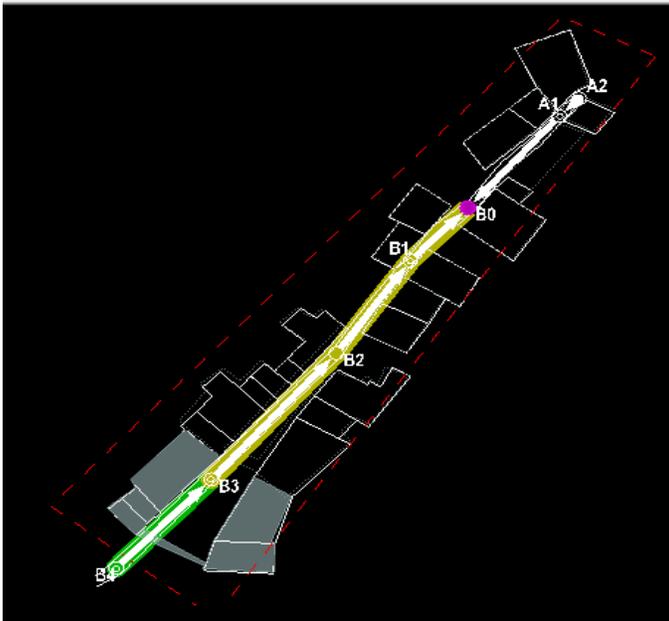


Ilustración 99. Aldea La Vega elaborado en SewerUp.

Fuente:(SewerUp)

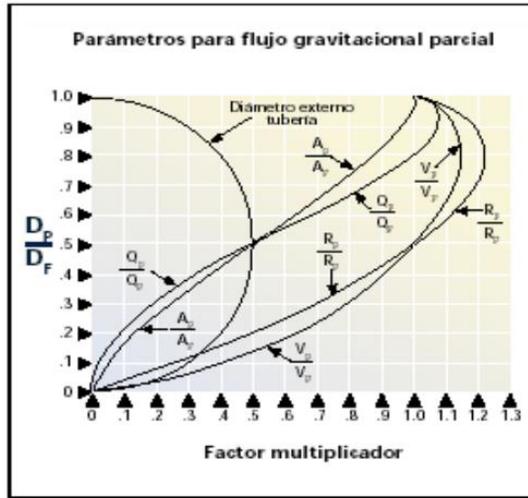


Ilustración 100. Gráfica del banano.

Fuente: (Arocha, 1983)

Tabla 54. Resultado alcantarillado sanitario La Palca.

Tramo		Cotas terreno natural		Área	Densidad	Dotación	Caudal Dom
Pozo inicio	Pozo final	Pto inicio	Pto final	Tributaria	(Hab)	lppd	l/s
A4	A3	104.39	103.25	0.069	309	80	0.0632
A3	A2	103.25	102.25	0.069	309	80	0.0632
A2	A1	102.25	98.28	0.131	309	80	0.1199
A1	A0	98.28	87.93	0.184	309	80	0.1685
B4	B3	104.39	104.02	0.086	309	80	0.0787
B3	B2	104.02	100.18	0.067	309	80	0.0613
B2	B1	100.18	99.76	0.034	309	80	0.0311
B1	B0	99.76	99.03	0.033	309	80	0.0302
C4	C3	105.84	104.58	0.066	309	80	0.0604
C3	C2	104.58	104.22	0.06	309	80	0.0549
C2	C1	104.22	102.23	0.031	309	80	0.0284
C1	C0	102.23	99.21	0.813	309	80	0.7443

Continuación Tabla 47...

Caudal infiltración	Caudal ilícito	Caudal diseño Qp	Caudal Acumulado	Caudal de llenado QLL	Qp/QLL	Y/D	Vp/VLL
0.2012	0.0047	0.2691	0.2691	0.1044	0.003	0.380	0.24
0.1031	0.0047	0.1710	0.4401	0.1368	0.003	0.380	0.24
0.2517	0.0090	0.3806	0.8208	0.1714	0.005	0.5200	0.2700
0.4471	0.0126	0.6282	1.4490	0.2065	0.007	0.6000	0.2920
0.2064	0.0059	0.2910	0.2910	0.0579	0.005	0.5200	0.2700
0.4430	0.0046	0.5089	0.8000	0.1264	0.006	0.5700	0.2800
0.0817	0.0023	0.1152	0.9151	0.1004	0.009	0.6800	0.3400
0.1418	0.0023	0.1743	1.0894	0.0989	0.011	0.0700	0.2900
0.2484	0.0045	0.3134	0.3134	0.0972	0.003	0.3800	0.2400
0.0612	0.0041	0.1203	0.1203	0.1089	0.001	0.2900	0.1800
0.2179	0.0021	0.2484	0.2484	0.1307	0.002	0.3500	0.1900
0.2019	0.0558	1.0021	1.0021	0.1674	0.006	0.5700	0.2800

VLL m/s	Vp m/s	Cotas Invertida		Altura de pozo (m)	Longitud Tramo	Pendiente (m/m)	Diámetro Conducto
		Pto Inicio	Pto final				
3.32	0.80	102.69	101.52	1.5	19.52	6%	0.20
4.36	1.05	101.55	100.55	1.5	9.71	10%	0.20
5.46	1.47	100.55	96.58	1.5	24.57	16%	0.20
6.57	1.92	96.58	86.23	1.5	44.11	23%	0.20
1.84	0.50	102.69	102.32	1.5	20.04	2%	0.20
4.02	1.13	102.32	98.48	1.5	43.7	9%	0.20
3.20	1.09	98.48	98.06	1.5	7.57	6%	0.20
3.15	0.91	98.06	97.33	1.5	13.58	5%	0.20
3.09	0.74	104.14	102.88	1.5	24.24	5%	0.20
3.47	0.62	102.88	102.52	1.5	5.52	7%	0.20
4.16	0.79	102.52	100.53	1.5	21.19	9%	0.20
5.33	1.49	100.53	97.51	1.5	19.59	15%	0.20

Fuente: (Propia)

### 5.3.8 CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL

Sector	Subsector	Actividad	Descripción	CIU-3	Código	Categoría
11. Saneamiento	B. Gestión de Aguas Residuales	004. Sistema de alcantarillado sanitario y laguna de oxidación para tratamiento de Aguas Residuales domesticas	Sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de Aguas Residuales domesticas con respecto a la densidad poblacional del proyecto (proyectos habitationales)	SC	11B004	1

**Ilustración 101. Categorización ambiental alcantarillado sanitario aldea La Palca.**

Fuente: (Propia)

## VI. PRESUPUESTO DE LOS PROYECTOS

### 6.1 SAN FRANCISCO DE OJUERA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA PRINCIPAL DE SAN FRANCISCO DE OJUERA, SANTA BARBARA (2DA. ETAPA)					
Atención: UNITEC		Fecha: 9 de octubre de 2019			
Propietario: Municipalidad de Santa Francisco de Ojuera					
Descripción: Diseño de Carretera en San Francisco de Ojuera					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P.U.	Total
<b>A PRELIMINARES</b>					
A1	Limpieza del Derecho de Vía	Ha	3.11	49,725.00	154,396.13
<b>Sub Total</b>					<b>154,396.13</b>
<b>B TERRACERÍA</b>					
B1	Excavacion General	M3	21,019.86	107.60	2,261,736.94
B2	Relleno con material del sitio	M3	5,398.87	109.63	591,878.12
B3	Acarreo adicional	M3-km	31,241.98	9.33	291,487.67
<b>Sub Total</b>					<b>3,145,102.73</b>
<b>C PAVIMENTO</b>					
C1	Sub Base Granular E=25 cm	M3	9,176.25	553.30	5,077,219.13
C2	Base Triturada E=15cm	M3	5,045.63	839.87	4,237,669.07
C3	Imprimacion	M2	33,637.50	36.64	1,232,478.00
C4	Concreto Asfáltico AC-30 convencional E = 5 cm	Ton	3,952.41	2,597.43	10,266,098.57
<b>Sub Total</b>					<b>20,813,464.76</b>
<b>D MISCELANEOS</b>					
D1	Barrera Tipo New Jersey	M	270.00	2,509.65	677,605.50
D2	Bordillo de concreto	M	600.00	379.60	227,760.00
D3	Enchape de cunetas	M2	1,552.50	534.30	829,500.75
D4	Barrera Metálica	M	400.00	1,692.28	676,912.00
<b>Sub Total</b>					<b>2,411,778.25</b>
<b>E SEÑALIZACION HORIZONTAL</b>					
E1	Línea Discontinua Amarilla	M	1,940.63	40.00	77,625.00
E2	Línea continua amarilla	M	800.00	40.00	32,000.00
E3	Línea Continua Blanca	M	10,350.00	40.00	414,000.00
E4	Violetas Plásticas de doble Cara Blanca/Roja	UND	431.25	64.93	27,998.91
E5	Violetas Plásticas de doble Cara Amarilla	UND	431.25	64.93	27,998.91
E6	Flechas Direccionales Sencillas	UND	8.00	180.00	1,440.00
<b>Sub Total</b>					<b>581,062.81</b>
<b>F SEÑALIZACION VERTICAL</b>					
F1	Señales Preventivas	UND	5.00	1,362.00	6,810.00
F2	Señales Reglamentarias	UND	3.00	1,256.02	3,768.05
F3	Señales informativas de Destino ID 1-1	UND	1.00	1,775.06	1,775.06
F4	Señales de kilometraje sin ruta	UND	1.00	1,262.00	1,262.00
<b>Sub Total</b>					<b>13,615.11</b>
<b>TOTAL OBRAS</b>					<b>27,119,419.78</b>
<b>TOTAL NETO</b>					<b>35,255,245.72</b>



Relleno con material del sitio						
Item	B2		Unidad	M3	Cantidad	5,398.87
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
	Material de Banco	m3	1.3	0.5	L 10.00	L 18.00
						SUB TOTAL MAT L 18.00
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>					
2.01	M.O. Relleno material sitio	Global	1		L 18.00	L 18.00
						SUB TOTAL M.O L 18.00
3.00	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.050000	1	L 18.00	L 0.90
3.02	Compactadora Vibratoria	HORA	0.000834		L 800.00	L 0.67
3.03	COMPACTADORA NEUMATICA	HORA	0.000834		L 850.00	L 0.71
3.04	EXCAVADORA 271 HP	HORA	0.005208		L 1,850.00	L 9.63
3.05	MOTONIVELADORA 670G	HORA	0.006874		L 1,800.00	L 12.37
3.06	TANQUE DE AGUA 2000GAL	HORA	0.018125		L 625.00	L 11.33
3.07	BOMBA DE AGUA DE 6PULG	HORA	0.004531		L 200.00	L 0.91
3.08	VOLQUETA 16M3	HORA	0.014766		L 800.00	L 11.81
						SUB TOTAL H.Y E. L 48.33
						COSTO DIRECTO TOTAL L 84.33
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30.0%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 109.63

ACARREO ADICIONAL						
Item	B3		Unidad	M3-km	Cantidad	31,241.98
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
1.01		m3	0	0.00	L -	L -
						SUB TOTAL MAT L -
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>					
2.01	M.O. Acarreo adicional	GLOBAL	1.00	1	L 0.70	L 0.70
						SUB TOTAL M.O L 0.70
3.00	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global				L -
3.02	VOLQUETA 16M3	Hr	0.00810	1.00	L 800.00	L 6.48
						SUB TOTAL H.Y E. L 6.48
						COSTO DIRECTO TOTAL L 7.18
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30.0%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 9.33



IMPRIMACION						
Item	C3		Unidad	M2	Cantidad	33,637.50
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Emulsion Asfaltica CSS-CI	Gal	0.3000	3%	L 59.00	L 18.23
					Subtotal Mat	L 18.23
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento		Precio	Sub Total
2.01	M.O. Imprimacion	GLOBAL	1.00		L 8.00	L 8.00
					Subtotal M.O.	L 8.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta Menor	global	5%	1.00	L 8.00	L 0.40
3.02	DISTRIBUIDOR DE ASFALTO	HORA	0.0010		L 950.00	L 0.95
3.03	MINICARGADORA CON BARREDORA	HORA	0.0014		L 250.00	L 0.35
3.04	COMPRESOR DE AIRE 175PSI	HORA	0.0014		L 180.00	L 0.25
					SUB TOTAL H.Y.E.	L 1.95
					COSTO DIRECTO TOTAL	L 28.18
					FACTOR DE SOBRECOSTO	30.0%
					COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	L 36.64

Concreto Asfaltico AC-30 convencional hasta hombro E = 5 cm						
Item	C4		Unidad	Ton	Cantidad	3,952.41
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Mezcla asfaltica en caliente	TON	1.0000	3%	L 1,700.00	L 1,751.00
1.02	Emulsion Asfaltica	Gal	0.8600	0%	L 65.00	L 55.90
						L 1,806.90
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total und	Precio	Sub Total
2.01	M.O. Concreto asfaltico	GLOBAL	1.00	1.00	L 250.00	L 250.00
					Subtotal M.O.	L 250.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta Menor	global	5%	1.00	L 250.00	L 12.50
3.02	COMPACTADORA TANDEM	HORA	0.0123		L 650.00	L 8.02
3.03	COMPACTADORA NEUMATICA	HORA	0.0123		L 550.00	L 6.79
3.04	DISTRIBUIDOR DE ASFALTO	HORA	0.0062		L 950.00	L 5.87
3.05	PAVIMENTADORA / FINISHER	HORA	0.0123		L 1,500.00	L 18.52
3.06	MINICARGADORA CON BARREDORA	HORA	0.0062		L 250.00	L 1.54
3.07	COMPRESOR DE AIRE 175PSI	HORA	0.0062		L 180.00	L 1.11
3.08	VOLQUETA 16M3	HORA	0.0874		L 800.00	L 69.95
					SUB TOTAL H.Y.E.	L 91.12
					COSTO DIRECTO TOTAL	L 2,148.02
					FACTOR DE SOBRECOSTO	30.0%
					COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	L 2,792.43

Barrera Tipo New Jersey						
Item	D1	Unidad	Unidad	M	Cantidad	270.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
1.01	Barrera New Jersey	UND	1	1.02	L 1,800.00	L 1,836.00
						SUB TOTAL MAT L 1,836.00
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>					
2.01	M.O. Barrera Tipo New J.	Global	1.00	1	L 90.00	L 90.00
						SUB TOTAL M.O L 90.00
3.00	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L 90.00	L 4.50
						SUB TOTAL H.Y.E. L 4.50
						COSTO DIRECTO TOTAL L. 1,930.50
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30.0%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L. 2,509.65

Bordillo de concreto						
Item	D2	Unidad	Unidad	M	Cantidad	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
1.01	Concreto	m3	0.04	1.05	L 3,000.00	L 126.00
						SUB TOTAL MAT L 126.00
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>					
2.01	M.O. Bordillo de concreto	Global	1.00	1	L 120.00	L 120.00
						SUB TOTAL M.O L 120.00
3.00	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	1	1.00	L 46.00	L 46.00
						SUB TOTAL H.Y.E. L 46.00
						COSTO DIRECTO TOTAL L. 292.00
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30.0%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L. 379.60

Enchape de cunetas						
Item	D3	Unidad	Unidad	m2	Cantidad	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
1.01	Concreto	m3	0.1	1.02	L 3,000.00	L 306.00
						SUB TOTAL MAT L 306.00
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>					
2.01	M.O. Enchape de cunetas	Global	1.00	1	L 70.00	L 70.00
						SUB TOTAL M.O L 70.00
3.00	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	1	1.00	L 35.00	L 35.00
						SUB TOTAL H.Y.E. L 35.00
						COSTO DIRECTO TOTAL L. 411.00
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30.0%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L. 534.30

Barrera Metálica						
Item	D4	Unidad	M	Cantidad	400.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
1.01	Suministro e instalación de Barrera metálica	m	1	1	L 1,300.00	L 1,300.00
						SUB TOTAL MAT L 1,300.00
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>					
2.01	M.O. Barrera Metálica					L -
						SUB TOTAL M.O L -
3.00	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L 35.00	L 1.75
						SUB TOTAL H.Y.E. L 1.75
						COSTO DIRECTO TOTAL L 1,301.75
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30.0%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 1,692.28

Linea Discontinua Amarilla						
Item	E1	Unidad	M	Cantidad	1,940.63	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
1.01	PINTURA TERMOPLÁSTICA (10 CM) CON MICROESFERA INCORPORADA (SUMINISTRO Y COLOCACIÓN)	m	1	1	L 40.00	L 40.00
						L -
						SUB TOTAL MAT L 40.00
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>					
2.01	M.O. Linea Discontinua amarilla					L -
						SUB TOTAL M.O L -
3.00	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor					L -
						SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y L -
						COSTO DIRECTO TOTAL L 40.00
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 52.00

Linea Continua Amarilla						
Item	E2	Unidad	M	Cantidad	800.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	PINTURA TERMOPLÁSTICA (10 CM) CON MICROESFERA INCORPORADA (SUMINISTRO Y COLOCACIÓN)	m	1	1	L 40.00	L 40.00
						L -
						SUB TOTAL MAT L 40.00
2.00	MANO DE OBRA					
2.01	M.O. Linea continua Amarilla					L -
						SUB TOTAL M.O L -
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor					L -
						HERRAMIENTAS Y EQUIPOS L -
						COSTO DIRECTO TOTAL L 40.00
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 52.00

Linea Continua Blanca						
Item	E3	Unidad	M	Cantidad	800.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	PINTURA TERMOPLÁSTICA (10 CM) CON MICROESFERA INCORPORADA (SUMINISTRO Y COLOCACIÓN)	m	1	1	L 40.00	L 40.00
						L -
						SUB TOTAL MAT L 40.00
2.00	MANO DE OBRA					
2.01	M.O. linea continua Blanca					L -
						SUB TOTAL M.O L -
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor					L -
						HERRAMIENTAS Y EQUIPOS L -
						COSTO DIRECTO TOTAL L 40.00
						FACTOR DE SOBRECOSTO 30.00%
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 52.00









## 6.2 PRESUPUESTO DE CANTIDADES DE OBRA PROYECTO ALCANTARILLADO ALDEA LA VEGA

PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA DE LA VEGA					
Atención: UNITEC		Fecha: 9 de octubre de 2019			
Propietario: Municipalidad de Santa Francisco de Ojuela					
Descripción: Diseño de Alcantarillado en la aldea de La Vega					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P.U.	Total
<b>A</b>	<b>Preliminares</b>				
A.1	Trazo y nivelación de pozos con topografía incluye estación Total	UND	7	L 294.87	L 2,064.10
A2	Señalización	GBL	1	L11,547.29	L 11,547.29
<b>Sub Total</b>					L 13,611.39
<b>B</b>	<b>EXCAVACIÓN Y TERRACERÍA</b>				
B1	Excavación de terreno natural, con retroexcavadora para tuberías, con un ancho de zanja de 1 m	m3	605.20	L 60.00	L 36,312.08
B2	Excavación de terreno natural, con retroexcavadora para pozos de inspección, con un ancho de zanja de 2.70m x 2.70m	m3	86.46	L 69.30	L 5,991.64
B3	Encamado de arena como base para tubería con un e=40cm	m3	333.50	L 492.60	L 164,282.10
B4	Aterrado y compactado a cada 20cm con material de sitio	m3	431.11	L 117.27	L 50,556.27
<b>Sub Total</b>					L 257,142.09
<b>C</b>	<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>				
C1	Pozos de inspección con altura 2.50m a 3.50m, con mampostería hecho con ladrillo rafo de 5cm x 12cm x 25cm, proporción mortero de 1:4 con liga de 2cm, con escalera de varilla de acero #5 @ 0.30m con un ancho de 0.40m y una extensión de 0.20m desde el ladrillo. Contiene cimentación de concreto; F'c=270 a 28 días. Incluye repello y pulido. LA VEGA	und	7	L20,390.01	L 142,730.05
C2	Construcción de Casquetes de Concreto, f'c 240kg/cm2 a 28 días, 3#3 con #6 @ 0.1m, h=0.10m, Diámetros inertnos: Din= 0.60m y Dsup= 0.70m (A 8 cm de altura desde la base)	UND	7	L 257.13	L 1,799.90
C3	Caja de registro para acometida domiciliaria de aguas negras, f'c 240kg/cm2 a 28 días, con mampostería hecho con ladrillo rafo de 5cm x 12cm x 25cm, proporción mortero de 1:4 con liga de 2cm, varilla 1#3 para el casquete, varilla #3 @ 0.1m ambas direcciones para la tapadera.	UND	33	L 2,820.83	L 93,087.36
<b>Sub Total</b>					L 237,617.31
<b>D</b>	<b>INSTALACIONES SANITARIAS</b>				
D1	Suministro e instalación de tubería PVC SDR-26, 8" (200 mm)	ml	298.00	L 558.99	L 166,578.37
D2	Pegue de conexiones domiciliaria incluye la instalacion en Y, para cada una de las casas, aterrado y compactado	und	33	L 1,555.54	L 51,332.89
<b>Sub Total</b>					L 217,911.26
<b>E</b>	<b>PRUEBA HIDROSTÁTICA</b>				
E1	Prueba Hidroestática del Sistema de Alcantarillado Sanitario	m3	26.40	L 155.00	L 4,092.00
<b>Sub Total</b>					L 4,092.00
<b>TOTAL OBRAS</b>					L 730,374.06
<b>TOTAL Neto</b>					L 949,486.27

Trazo Y Nivelacion						
Item	A.1	Unidad	und	Cantidad	7.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. 7 RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Madera Rustica (para estaca 2x2x5')	Pt	1.4250	3%	L. 5.00	L. 7.34
1.02	Madera Rustica (regla 1x2x9')	Pt	1.4750	3%	L. 5.00	L. 7.60
1.03	Cal Bolsa de 50 lb	bolsa	0.0110	7%	L. 88.00	L. 1.04
1.04	Clavos 2"	lb	0.1	7%	15.9	L. 1.70
					<b>Subtotal Mat</b>	L. 17.67
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total</b>	<b>Precio</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Trazo y Nivelación	und	1.0000	1.00	L. 264.00	L. 264.00
					<b>Subtotal M.O.</b>	L. 264.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta Menor	global	5%	1.00	L. 264.00	L. 13.20
					<b>Subtotal H.E.</b>	L. 13.20
					<b>Costo Directo Total</b>	L. 294.87
					<b>Costo Final</b>	L. 2,064.10

Señalización					
Item	A4	Unidad	GLOBAL	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	VALOR
				LPS.	LPS.
1	Malla de seguridad 1x50m	UND	15	663.11	9,946.65
2	Cono 28"	UND	4	262.66	1,050.64
3	Cinta de seguridad Cuidado 3"x 750 pies	UND	2	230.00	460.00
4	Banderola Vial Truper - Naranja	UND	2	45.00	90.00
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>SUB. TOTAL</b>	<b>11,547.29</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>11,547.29</b>

Excavación de terreno natural, con retroexcavadora para tuberías, con un ancho de zanja de 1 m						
Item	B1	Unidad	M3	Cantidad	605.20	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
					<b>SUB TOTAL MAT</b>	L. -
<b>2.00</b>	<b>MANO DE OBRA</b>					
					<b>SUB TOTAL M.O</b>	L. -
<b>3.00</b>	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1	L. -	L. -
3.02	Retroexcavadora de 75 Hp Tipo JD 310C	Hora	0.06		L. 1,000.00	L. 60.00
						L. 60.00
					<b>COSTO DIRECTO TOTAL</b>	L. 60.00
					<b>COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD</b>	L. 36,312.08





Caja de registro para acometida domiciliaria de aguas negras ", fc 240kg/cm2 a 28 dias, con mamposteria hecho con ladrillo rafon de 5cmx12cmx25cm, proporci3n mortero de 1:4 con liga de 2cm, varilla 1#3 para el casquete, varilla #3 @ 0.1m ambas direcciones para la tapadera.

Item	C3	Unidad	und	Cantidad	33.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND	bolsa	2.07	1.03	L 163.00	L 347.53
1.02	ARENA DE RIO LAVADA	m3	0.206	1.07	L 300.00	L 66.13
1.03	GRAVA DE RIO	m3	0.046	1.07	L 300.00	L 14.77
1.04	AGUA	gl	1.064	1.25	L 0.32	L 0.43
1.05	LADRILLO RAFON RUSTICO	und	126	1.1	L 6.00	L 831.60
1.06	ALAMBRE DE AMARRE	lb	2.15		L 16.70	L 35.91
0.07	VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG	lance	0.72	1.03	L 112.00	L 83.06
0.08	CLAVOS 4"	lb	0.8		L 15.90	L 12.72
0.09	MADERA RUSTICA DE PINO 1"x5"x2.37'	PT	11.85	1.2	L 5.00	L 71.10
						SUB TOTAL MAT L 1,392.13
2.00	MANO DE OBRA					
2.01	M.O. Caja de Registro	und	1	1	L 1,200.00	L 1,200.00
						SUB TOTAL M.O L 1,200.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L 1,200.00	L 60.00
						SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPOS L 60.00
						COSTO DIRECTO TOTAL L 2,652.13
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 87,520.43

Suministro e instalación de tubería PVC SDR-41, 8" (200 mm)

Item	D1	Unidad	ml	Cantidad	298.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	Tubería PVC SDR-26 de 8" x 6m (sin flete)	Lance	0.166	1.02	L 2,722.20	L 460.92
1.02	Lija de agua N 280	Pliego	0.03	1.02	L 12.00	L 0.37
1.03	Pegamento PVC	Gal3n	0.003	1.02	L 1,045.00	L 3.20
						SUB TOTAL MAT L 464.49
2.00	MANO DE OBRA					
2.01	M.O. Suministro e Inst. Tubería 8"	ml	1.00	1	L 90.00	L 90.00
						SUB TOTAL M.O L 90.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L 90.00	L 4.50
						SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPOS L 4.50
						COSTO DIRECTO TOTAL L 558.99
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 166,578.37

Pegue de conexiones domiciliaria incluye la instalacion en Y, para cada una de las casas, aterrado y compactado						
Item	D2		Unidad	und	Cantidad	33.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	YEE PVC de 8x4 (sin flete)	und	1	1	L 749.13	L 749.13
1.02	Lija de agua N 280	Pliego	0.03	1.02	L 12.00	L 0.37
1.03	Pegamento PVC	Galón	0.05	1.02	L1,045.00	L 53.30
1.04	Tuberia 4" PVC SDR-26	Lance	1		L 695.00	L 695.00
					SUB TOTAL MAT	L 1,497.79
2.00	MANO DE OBRA					
2.01	M.O. Pegue de coneccion Domiciliaria	und	1	1	L 55.00	L 55.00
					SUB TOTAL M.O	L 55.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L 55.00	L 2.75
					SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y	L 2.75
					COSTO DIRECTO TOTAL	L 1,555.54
					COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	L 51,332.89

Prueba Hidroestática del Sistema de Alcantarillado Sanitario						
Item	E1		Unidad	m3	Cantidad	26.40
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	Agua	m3	1	1	L 85.00	L 85.00
					SUB TOTAL MAT	L 85.00
2.00	MANO DE OBRA					
2.02	M.O. Prueba Hidroestatica	Global	1	1	L 35.00	L 35.00
					SUB TOTAL M.O	L 35.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	1	1.00	L 35.00	L 35.00
					SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y	L 35.00
					COSTO DIRECTO TOTAL	L 155.00
					COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	L 4,092.00

PMAT					
Material	Precio unitario	UNIDAD	Suma cantidad de obra material	Precio	Suma costo total material
CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND		Bolsa	156.447	163	L 25,500.86
ARENA DE RIO LAVADA		m3	407.886	300.00	L 122,365.80
GRAVA DE RIO		m3	5.186	300.00	L 1,555.80
LADRILLO RAFON RUSTICO		und	13658.96	6	L 81,953.76
ALAMBRE DE AMARRE		lb	90.032	15.5	L 1,395.50
VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG		lance	62.498	112	L 6,999.78
CLAVOS 4"		libra	32	15.9	L 508.80
Madera Rustica (para estaca 2"2"12")		PT	2.49375	5	L 12.47
Cal		Bolsa	0.077	75	L 5.78
Clavos 3"		libra	0.7	15.90	L 11.13
Clavos de 2"		libra	0.56	15.9	L 8.90
Tubería PVC SDR-41 de 8"x4 6m		Lance	49.468	2870.00	L 141,973.16
Lija de agua N 280		pliego	8.94	9.3	L 83.14
Pegamento PVC		de 1/4	0.894	28.00	L 25.03
					L 382,399.90

P.M.O						
		UNIDAD	Rendimiento	Cantidad	P.U.	TOTAL
A.1	M.O. Trazo y Nivelación	und	1.00	7.00	L 264.00	L 1,848.00
B3	M.O. Encamado de Arena	m3	1.00	333.50	L 40.00	L 13,340.00
B4	M.O. Aterrado y compactado	m3	1.00	431.11	L 90.00	L 38,799.90
C2	M.O. Pozo inspeccion 2.48	und	1.00	7.00	L 4,500.00	L 31,500.00
C3	M.O. Casquete	und	1.00	7.00	L 120.00	L 840.00
C5	M.O. Caja de Registro	und	1.00	33.00	L 1,200.00	L 39,600.00
D1	M.O. Suministro e Inst. Tubería 8"	ml	1.00	298.00	L 90.00	L 26,820.00
D2	M.O. Pegue de coneccion Domiciliaria	und	1.00	33.00	L 55.00	L 1,815.00
E1	M.O. Prueba Hidroestatica	ml	1.00	26.40	L 35.00	L 924.00
						L 155,486.90

PHE				
	UNIDAD	Rendimiento	Costo	TOTAL
Herramienta Menor	GLOBAL	1.00	L 357.45	L 357.45
Retroexcavadora	GLOBAL	1.00	L 66,515.82	L 66,515.82
Compactadora Bailarina	GLOBAL	1.00	L 9,816.38	L 9,816.38
				L 76,689.65

## 6.2 PRESUPUESTO DE CANTIDADES DE OBRA PROYECTO ALCANTARILLADO ALDEA LA PALCA

PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA PALCA.					
Atención: UNITEC		Fecha: 9 de octubre de 2019			
Propietario: Municipalidad de Santa Francisco de Ojuela					
Descripción: Diseño de Alcantarillado en la aldea La Palca					
Item	Descripción	Unidad	Cant.	P.U.	Total
<b>A Preliminares</b>					
A.1	Trazo y nivelación de pozos con topografía incluye estación Total	UND	12	L 294.87	L 3,538.46
A2	Demolición de Pavimento hidráulico con un ancho de 2.45 metro, una longitud de 245 m y un espesor de 7.64 cm para la Palca	m2	600.25	L 136.30	L 81,814.08
A3	ACARREO DE MATERIAL (DESPERDICIO)	m3	58.82	L 375.00	L 22,059.19
A4	Señalización	GBL	1	L11,547.29	L 11,547.29
<b>Sub Total</b>					L 118,959.02
<b>B EXCAVACIÓN Y TERRACERÍA</b>					
B1	Excavación de terreno natural, con retroexcavadora para tuberías, con un ancho de zanja de 1 m	m3	431.13	L 60.00	L 25,868.04
B2	Excavación de terreno natural, con retroexcavadora para pozos de inspección, con un ancho de zanja de 2.70m x 2.70m	m3	148.94	L 69.30	L 10,321.78
B3	Encamado de arena como base para tubería con un e=40cm	m3	156.60	L 492.60	L 77,141.16
B4	Aterrado y compactado a cada 20cm con material de sitio	m3	358.35	L 117.27	L 42,023.90
<b>Sub Total</b>					L 155,354.88
<b>C ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>					
C1	Pozos de inspección con altura 1.5m a 2.50m, con mampostería hecho con ladrillo rajón de 5cm x 12cm x 25cm, proporción mortero de 1:4 con liga de 2cm, con escalera de varilla de acero #5 @ 0.30m con un ancho de 0.40m y una extensión de 0.20m desde el ladrillo. Contiene cimentación de concreto, Fc=270 a 28 días. Incluye repello y pulido. LA PALCA.	und	12	L12,765.69	L 153,188.29
C2	Construcción de Casquetes de Concreto, fc 240kg/cm2 a 28 días, #3 con #6 @ 0.1m, h=0.10m, Diámetros internos: Dinf= 0.60m y Dsup= 0.70m (A 8 cm de altura desde la base)	UND	12	L 257.13	L 3,085.55
C3	Anclaje para Tubería PVC 8", fc 240kg/cm2 a 28 días, varilla 4#4, 40cm longitudinal por una altura de 40cm Para la pendiente en la Palca	UND	6	L 383.77	L 2,302.63
C4	Caja de registro para acometida domiciliar de aguas negras", fc 240kg/cm2 a 28 días, con mampostería hecho con ladrillo rajón de 5cm x 12cm x 25cm, proporción mortero de 1:4 con liga de 2cm, varilla 1#3 para el casquete, varilla #3 @ 0.1m ambas direcciones para la tapadera.	UND	14	L 2,820.83	L 39,491.61
<b>Sub Total</b>					L 198,068.08
<b>D INSTALACIONES SANITARIAS</b>					
D1	Suministro e instalación de tubería PVC SDR-26, 8" (200 mm)	ml	258.00	L 558.99	L 144,218.85
D2	Pegue de conexiones domiciliar incluye la instalación en Y, para cada una de las casas, aterrado y compactado	und	14	L 1,555.54	L 21,777.59
<b>Sub Total</b>					L 165,996.44
<b>E PRUEBA HIDROSTÁTICA</b>					
E1	Prueba Hidroestática del Sistema de Alcantarillado Sanitario	m3	26.40	L 155.00	L 4,092.00
<b>Sub Total</b>					L 4,092.00
<b>TOTAL OBRAS</b>					L 642,470.42
<b>TOTAL NETO</b>					L 835,211.54

Trazo Y Nivelacion						
Item	A.1		Unidad	und	Cantidad	12.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Madera Rustica (para estaca 2x2x5')	Pt	1.4250	3%	L. 5.00	L. 7.34
1.02	Madera Rustica (regla 1x2x9')	Pt	1.4750	3%	L. 5.00	L. 7.60
1.03	Cal Bolsa de 50 lb	bolsa	0.0110	7%	L. 88.00	L. 1.04
1.04	Clavos 2"	lb	0.1	7%	15.9	L. 1.70
					<b>Subtotal Mat</b>	L. 17.67
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total</b>	<b>Precio</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Trazo y Nivelación	und	1.0000	1.00	L. 264.00	L. 264.00
					<b>Subtotal M.O.</b>	L. 264.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta Menor	global	5%	1.00	L. 264.00	L. 13.20
					<b>Subtotal H.E.</b>	L. 13.20
					<b>Costo Directo Total</b>	<b>L. 294.87</b>
					<b>Costo Final</b>	<b>L. 3,538.46</b>

Demolición de Pavimento hidráulico con un ancho de 2.45 metro, una longitud de 245 m y un espesor de 7.64 cm para la Palca						
Item	A2		Unidad	M2	Cantidad	600.25
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	<b>MATERIALES</b>					
					<b>SUB TOTAL MAT</b>	
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>					
2.01	M.O. Demolicion	m2	1.00000	1	L. 110.00	L. 110.00
					<b>SUB TOTAL M.O</b>	L. 110.00
3.00	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L. 110.00	L. 5.50
3.02	Compresor 2 muletas de 185 CFM	Dia	0.026	1.00	L. 800.00	L. 20.80
					<b>SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPOS</b>	L. 26.30
					<b>COSTO DIRECTO TOTAL</b>	<b>L. 136.30</b>
					<b>COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>L. 81,814.08</b>

ACARREO DE MATERIAL (DESPERDICIO)						
Item	A3		Unidad	M3	Cantidad	58.82
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
						SUB TOTAL MAT
2.00	MANO DE OBRA					
	M.O. ACARREO	M3	1		100	L. 100.00
						SUB TOTAL M.O L. 100.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	VOLQUETA 5 M3	m3	1	1.10	L. 250.00	L. 275.00
3.02	HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0.05	1.00	L. 100.00	L. 5.00
						SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y L. 275.00
						COSTO DIRECTO TOTAL L. 375.00
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L. 22,059.19

Señalización					
Item	A4	Unidad	GLOBAL	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	VALOR
				LPS.	LPS.
1	Malla de seguridad 1x50m	UND	15	663.11	9,946.65
2	Cono 28"	UND	4	262.66	1,050.64
3	Cinta de seguridad Cuidado 3"x 750 pies	UND	2	230.00	460.00
4	Banderola Vial Truper - Naranja	UND	2	45.00	90.00
	TOTAL MANO DE OBRA			SUB. TOTAL	11,547.29
				TOTAL	11,547.29

Excavación de terreno natural, con retroexcavadora para tuberías, con un ancho de zanja de 1 m						
Item	B1		Unidad	M3	Cantidad	431.13
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
						SUB TOTAL MAT L -
2.00	MANO DE OBRA					
						SUB TOTAL M.O L. -
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1	L. -	L. -
3.02	Retroexcavadora de 75 Hp Tipo JD 310C	Hora	0.06		L. 1,000.00	L. 60.00
						L. 60.00
						COSTO DIRECTO TOTAL L. 60.00
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L. 25,868.04





Construcción de Casquetes de Concreto, f'c 240kg/cm2 a 28 días, 3#3 con #6@0.1m, h=0.10m, Diametros inernos: Dinf= 0.60m y Dsup= 0.70m (A 8 cm de altura desde la base)						
Item	C2		Unidad	und	Cantidad	12.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIEN TO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Cemento Gris	bolsa	0.2410	3%	L 163.00	L 40.46
1.02	Arena Triturada (Incluye flete)	m3	0.0140	7%	L 300.00	L 4.49
1.03	Grava 3/4" Triturada (Incluye flete)	m3	0.0140	7%	L 300.00	L 4.49
1.05	Alambre de amarre	lbs	0.5760	3%	L 16.70	L 9.91
1.07	Varilla #3 x 30'	lance	0.5000	3%	L 118.00	L 60.77
1.08	Clavos de 2"	lbs	0.0800	3%	L 15.90	L 1.31
1.09	Madera rustica	pt	2.0000	7%	L 5.00	L 10.70
					Subtotal Mat	L. 132.14
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total ML	Precio	Sub Total
2.01	M.O. Casquete	und	1.00	1.00	L 120.00	L. 120.00
					Subtotal M.O.	L. 120.00
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.03	Herramienta Menor	global	5%	1.00	L. 120.00	L. 6.00
					Subtotal H.E.	L. 6.00
					Costo Directo Total	L. 258.14
					Costo Final	L. 3,097.65
					Costo Unitario Final	L. 258.14

Anclaje para Tuberia PVC 8" , f'c 240kg/cm2 a 28 dias, varilla 4#4, 40cm longitudinal por una altura de 40cm Para la pendiente en la Palca						
Item	C3		Unidad	und	Cantidad	6.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIEN TO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Cemento Gris	bolsa	1.1000	3%	L 163.00	L 184.68
1.02	Arena Triturada (Incluye flete)	m3	0.0300	7%	L 300.00	L 9.63
1.03	Grava 3/4" Triturada (Incluye flete)	m3	0.0500	7%	L 300.00	L 16.05
1.05	Alambre de amarre	lbs	0.5760	3%	L 16.70	L 9.91
1.07	Varilla #4 x 30'	lance	0.1333	3%	L 200.00	L 27.47
1.08	Clavos de 2"	lbs	0.0800	3%	L 15.90	L 1.31
1.09	Madera rustica 1"x16.74"x1.31'	pt	1.8200	7%	L 5.00	L 9.74
					Subtotal Mat	L. 258.78
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total und	Precio	Sub Total
2.01	M.O. Anclaje	und	1.00	1.00	L 120.00	L. 120.00
					Subtotal M.O.	L. 120.00
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.03	Herramienta Menor	global	5%	1.00	L. 120.00	L. 6.00
					Subtotal H.E.	L. 6.00
					Costo Directo Total	L. 384.78
					Costo Final	L. 2,308.68
					Costo Unitario Final	L. 384.78

Caja de registro para acometida domiciliar de aguas negras ", fc 240kg/cm2 a 28 días, con mampostería hecho con ladrillo rafo de 5cmx12cmx25cm, proporción mortero de 1:4 con liga de 2cm, varilla #3 para el casquete, varilla #3 @ 0.1m ambas direcciones para la tapadera.

Item	C4	Unidad	und	Cantidad	14.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND	bolsa	2.07	1.03	L 163.00	L 347.53
1.02	ARENA DE RIO LAVADA	m3	0.206	1.07	L 300.00	L 66.13
1.03	GRAVA DE RIO	m3	0.046	1.07	L 300.00	L 14.77
1.04	AGUA	gl	1.064	1.25	L 0.32	L 0.43
1.05	LADRILLO RAFON RUSTICO	und	126	1.1	L 6.00	L 831.60
1.06	ALAMBRE DE AMARRE	lb	2.15		L 16.70	L 35.91
0.07	VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG	lance	0.72	1.03	L 112.00	L 83.06
0.08	CLAVOS 4"	lb	0.8		L 15.90	L 12.72
0.09	MADERA RUSTICA DE PINO 1"x5"x2.37'	PT	11.85	1.2	L 5.00	L 71.10
						SUB TOTAL MAT L 1,392.13
2.00	MANO DE OBRA					
2.01	M.O. Caja de Registro	und	1	1	L 1,200.00	L 1,200.00
						SUB TOTAL M.O L 1,200.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L 1,200.00	L 60.00
						SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPOS L 60.00
						COSTO DIRECTO TOTAL L 2,652.13
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 37,129.88

Suministro e instalación de tubería PVC SDR-41, 8" (200 mm)

Item	D1	Unidad	ml	Cantidad	258.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	Tubería PVC SDR-26 de 8" x 6m (sin flete)	Lance	0.166	1.02	L 2,722.20	L 460.92
1.02	Lija de agua N 280	Pliego	0.03	1.02	L 12.00	L 0.37
1.03	Pegamento PVC	Galón	0.003	1.02	L 1,045.00	L 3.20
						SUB TOTAL MAT L 464.49
2.00	MANO DE OBRA					
2.01	M.O. Suministro e Inst. Tubería 8"	ml	1.00	1	L 90.00	L 90.00
						SUB TOTAL M.O L 90.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L 90.00	L 4.50
						SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPOS L 4.50
						COSTO DIRECTO TOTAL L 558.99
						COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD L 144,218.85

Pegue de conexiones domiciliaria incluye la instalacion en Y, para cada una de las casas, aterrado y compactado						
Item	D2		Unidad	und	Cantidad	14.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	YEE PVC de 8x4 (sin flete)	und	1	1	L 749.13	L 749.13
1.02	Lija de agua N 280	Pliego	0.03	1.02	L 12.00	L 0.37
1.03	Pegamento PVC	Galón	0.05	1.02	L1,045.00	L 53.30
1.04	Tuberia 4" PVC SDR-26	Lance	1		L 695.00	L 695.00
					SUB TOTAL MAT	L 1,497.79
2.00	MANO DE OBRA					
2.01	M.O. Pegue de coneccion Domiciliaria	und	1	1	L 55.00	L 55.00
					SUB TOTAL M.O	L 55.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	0.05	1.00	L 55.00	L 2.75
					SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y	L 2.75
					COSTO DIRECTO TOTAL	L 1,555.54
					COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	L 21,777.59

Prueba Hidroestática del Sistema de Alcantarillado Sanitario						
Item	E1		Unidad	m3	Cantidad	26.40
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	Agua	m3	1	1	L 85.00	L 85.00
					SUB TOTAL MAT	L 85.00
2.00	MANO DE OBRA					
2.02	M.O. Prueba Hidroestatica	Global	1	1	L 35.00	L 35.00
					SUB TOTAL M.O	L 35.00
3.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
3.01	Herramientas y equipo menor	Global	1	1.00	L 35.00	L 35.00
					SUB TOTAL HERRAMIENTAS Y	L 35.00
					COSTO DIRECTO TOTAL	L 155.00
					COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	L 4,092.00

PMAT					
Material	Precio unitario	UNIDAD	Suma cantidad de obra material	Precio	Suma costo total material
CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND		Bolsa	146.472	163	L 23,874.94
ARENA DE RIO LAVADA		m3	197.208	300.00	L 59,162.40
GRAVA DE RIO		m3	7.232	300.00	L 2,169.60
LADRILLO RAFON RUSTICO		und	12948.96	6	L 77,693.76
ALAMBRE DE AMARRE		lb	62.068	15.5	L 962.05
VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG		lance	71.16	112	L 7,969.92
CLAVOS 4"		libra	20.8	15.9	L 330.72
Madera Rustica (para estaca 2"2"12")		PT	4.275	5	L 21.38
Cal		Bolsa	0.132	75	L 9.90
Clavos 3"		libra	1.2	15.90	L 19.08
Clavos de 2"		libra	1.44	15.9	L 22.90
Tubería PVC SDR-41 de 8"x4 6m		Lance	42.828	2870.00	L 122,916.36
Lija de agua N 280		pliego	7.74	9.3	L 71.98
Pegamento PVC		de 1/4	0.774	28.00	L 21.67
					L 295,246.66

P.M.O						
		UNIDAD	Rendimiento	Cantidad	P.U.	TOTAL
A.1	M.O. Trazo y Nivelación	und	1.00	12.00	L 264.00	L 3,168.00
A2	M.O. Demolicion	m2	1.00	600.25	L 110.00	L 66,027.50
A3	M.O. ACARREO	m3	1.00	58.82	L 100.00	L 5,882.45
B3	M.O. Encamado de Arena	m3	1.00	156.60	L 40.00	L 6,264.00
B4	M.O. Aterrado y compactado	m3	1.00	358.35	L 90.00	L 32,251.65
C1	M.O. Pozo Inspección 1.7m	und	1.00	12.00	L 3,000.00	L 36,000.00
C2	M.O. Casquete	und	1.00	12.00	L 120.00	L 1,440.00
C3	M.O. Anclaje	und	1.00	6.00	L 120.00	L 720.00
D4	M.O. Caja de Registro	und	1.00	14.00	L 1,200.00	L 16,800.00
D1	M.O. Suministro e Inst. Tubería 8"	ml	1.00	258.00	L 90.00	L 23,220.00
D2	M.O. Pegue de coneccion Domiciliaria	und	1.00	14.00	L 55.00	L 770.00
E1	M.O. Prueba Hidroestatica	ml	1.00	26.40	L 35.00	L 924.00
					TOTAL M.O.	L 193,467.60

PHyE				
	UNIDAD	Rendimiento	Costo	TOTAL
Herramienta Menor	GLOBAL	1.00	L 144.45	L 144.45
Compresor 2 muletas de 185 CFM	GLOBAL	1.00	L 12,485.20	L 12,485.20
Retroexcavadora	GLOBAL	1.00	L 47,558.98	L 47,558.98
VOLQUETA 5 M3	GLOBAL	1.00	L 16,176.74	L 16,176.74
Compactadora Bailarina	GLOBAL	1.00	L 8,159.67	L 8,159.67
				L 84,525.04

### 6.3 PRESUPUESTO DE CANTIDADES DE OBRA PROYECTO CONCRETO HIDRÁULICO DE LAS ALDEAS LA PALCA Y LA VEGA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LAS ADEAS DE LA VEGA Y LA PALCA					
Atención: UNITEC		Fecha: 9 de octubre de 2019			
Propietario: Municipalidad de Santa Francisco de Ojuera					
Descripción: Diseño de pavimento rígido					
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE CALLE EN LA ALDEA LA VEGA Y LA PALCA					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario Lps	Total Lps.
<b>A PRELIMINARES</b>					
A1	Marcaje y Topografía @ 20mts	ML	570.00	34.41	19,613.70
A2	Bodega provisional	GLOBAL	2.00	12,854.34	25,708.68
<b>SUB. TOTAL</b>					<b>45,322.38</b>
<b>B EXCAVACIÓN Y RELLENO</b>					
B1	Corte del terreno	M3	1,366.17	41.22	56,311.82
B2	Relleno y compactación del terreno subrasante	M3	344.15	58.12	20,002.00
B3	Sub Base granular e=25cm (La Vega)	M3	487.50	500.41	243,949.88
B4	Sub Base granular e=15cm (La Palca)	M3	162.00	500.41	81,066.42
<b>SUB. TOTAL</b>					<b>401,330.11</b>
<b>C PAVIMENTO</b>					
C1	Pavimentación concreto 4000 psi / L= 300m Ancho= 6.5m e=13cm (La Vega)	M3	253.50	2,377.99	602,820.47
C2	Pavimentación concreto 4000 psi / L=270m Ancho= 4m e=11cm (La Palca)	M3	118.80	2,377.99	282,505.21
C3	Bordillo de 15cmx15cm	ML	1,140.00	154.76	176,426.40
C4	Dovelas (Longitudinal y Transversal) L=0.75m @ 60cm Varilla #5	KG	1,446.12	20.95	30,296.21
<b>SUB. TOTAL</b>					<b>1,092,048.29</b>
<b>D SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL</b>					
D1	Línea continua amarilla	ML	1,140.00	40.00	45,600.00
D2	Línea discontinua blanca	ML	570.00	40.00	22,800.00
D3	Violetas plásticas de doble cara blanca/roja	UND	144.00	64.93	9,349.92
D4	Flecha direccional sencilla	UND	12.00	180.00	2,160.00
D5	Reductor de velocidad tipo túmulo de hule con cinta amarilla	UND	2.00	11,358.00	22,716.00
D6	Pintura de tránsito amarilla con bordillo	ML	1,140.00	40.00	45,600.00
D7	Señales escolares	UND	2.00	1,356.02	2,712.04
D8	Señales Reglamentarias (Máxima velocidad)	UND	2.00	1,256.03	2,512.06
<b>SUB. TOTAL</b>					<b>153,450.02</b>
<b>TOTAL LPS.</b>					<b>1,692,150.80</b>
<b>TOTAL NETO LPS.</b>					<b>2,199,796.04</b>

Marcaje y Topografía @ 20mts						
Item	A1	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Madera Rustica (para estaca 2x2x2')	Pt	0.6600	3%	L. 12.00	8.16
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 8.16
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M.O. Marcaje y Topografía	ml	1.000	0.00	25.00	25.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 25.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas menores	%	5%		L. 25.00	L. 1.25
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 1.25
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 34.41
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b>
						L. 34.41
						<b>Costo Unitario Final</b>
						L. 34.41

Bodega provisional						
Item	A2	Unidad	GLOBAL	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Madera rústica de pino 2"x2"x10'	PIE T	12.24	0.03	12.00	151.29
1.02	Madera rústica de pino 2"x2"x8'	PIE T	12.75	0.03	12.00	157.59
1.03	Madera rústica de pino 1"x4"x8'	PIE T	10.93	0.03	12.00	135.14
1.04	Madera rústica de pino 1"x4"x12'	PIE T	22.01	0.03	12.00	272.08
1.05	Madera rústica de pino 1"x4"x8'	PIE T	6.00	0.03	12.00	74.16
1.06	Lamina zinc galvanizada 12' cal. 28	UND	37.00	0	249.21	9220.77
1.07	Clavos para lamina de zinc	LB	2.00	0.07	20.00	42.8
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 10,053.83
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M. O. Bodega Provisional	GLB	1.000	0.00	2,800.00	L. 2,800.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 2,800.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas menores	%	5%		L. 10.20	L. 0.51
						L. 0.00
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 0.51
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 12,854.34
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b>
						L. 12,854.34
						<b>Costo Unitario Final</b>
						12,854.34







Pavimentación concreto 4000 psi / L= 300m Ancho= 6.5m e=13cm (La Vega)						
Item	C1	Unidad	M3	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Clavos	LBS	0.83	3%	20.00	L. 17.18
1.02	Madera rústica de pino 2"x5.1"	PIE T	5.20	7%	12.00	L. 66.77
1.03	Concreto 4000 psi e=0.13m	M3	1.00	5%	1,830.00	L. 1,921.50
					<b>Subtotal Mat</b>	L. 2,005.45
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M. O. (Incluye rastrillado y vibrado)	M3	1.000		350.00	L. 350.00
					<b>Subtotal M.O.</b>	L. 350.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Mezcladora	DIA	0.028		L. 180.00	L. 5.04
3.02	Herramienta menor	%	5%		L. 350.00	L. 17.50
						L. 0.00
						L. 0.00
					<b>Subtotal H.E.</b>	L. 22.54
					<b>Costo Directo Total</b>	L. 2,377.99
					<b>% Indirectos</b>	
					<b>Costo Final</b>	<b>L. 2,377.99</b>
					<b>Costo Unitario Final</b>	<b>2,377.99</b>



Bordillo de 15cmx15cm						
Item	C3	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Clavos	LBS	0.834	3%	20.00	L. 17.18
1.02	Madera rústica de pino 2"x6"	PIE T	1.640	0.07	12.00	L. 21.06
1.03	Concreto 4000 psi	M3	0.023	0.05	1,830.00	L. 43.23
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 81.47
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M. O. Bordillo	ML	1.000		65.00	L. 65.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 65.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Mezcladora	DIA	0.028		L. 180.00	L. 5.04
3.02	Herramienta menor	%	5%		L. 65.00	L. 3.25
						L. 0.00
						L. 0.00
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 8.29
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 154.76
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b>
						L. 154.76
						<b>Costo Unitario Final</b>
						154.76

Dovelas (Longitudinal y Transversal) L=0.75m @ 60cm Varilla #5						
Item	C4	Unidad	KG	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Varilla #5 Corrugada G60	kg	0.071	5%	248.00	L. 18.55
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 18.55
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M. O. Dovelas	kg	1.000		1.15	L. 1.15
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 1.15
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Pulidora	HR	0.013		L. 100.00	L. 1.25
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 1.25
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 20.95
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b>
						L. 20.95
						<b>Costo Unitario Final</b>
						20.95

Linea continua amarilla						
Item	D1	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	PINTURA REFLECTIVA DE TRÁFICO	M	1.000	1.00	40.00	L. 40.00
						<b>Subtotal Mat</b> L. 40.00
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M.O.					L. 0.00
						<b>Subtotal M.O.</b> L. 0.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor					L. 0.00
						<b>Subtotal H.E.</b> L. 0.00
						<b>Costo Directo Total</b> L. 40.00
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b> L. 40.00
						<b>Costo Unitario Final</b> 40.00

Linea discontinua blanca						
Item	D2	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	PINTURA REFLECTIVA DE TRÁFICO	M	1.000	1.00	40.00	L. 40.00
						<b>Subtotal Mat</b> L. 40.00
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M.O.					L. 0.00
						<b>Subtotal M.O.</b> L. 0.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor					L. 0.00
						<b>Subtotal H.E.</b> L. 0.00
						<b>Costo Directo Total</b> L. 40.00
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b> L. 40.00
						<b>Costo Unitario Final</b> 40.00

Violetas plásticas de doble cara blanca/roja						
Item	D3	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	TACHAS REFLECTIVAS BIDIRECCIONALES	UND.	1.000	1.00	64.93	L. 64.93
						<b>Subtotal Mat</b> L. 64.93
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O.	GLB	0.004	1.00		L. 0.00
						<b>Subtotal M.O.</b> L. 0.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	GLB	1.000	1.00		L. 0.00
						<b>Subtotal H.E.</b> L. 0.00
						<b>Costo Directo Total</b> L. 64.93
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b> L. 64.93
						<b>Costo Unitario Final</b> 64.93

Flecha direccional sencilla						
Item	D4	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	PINTURA REFLECTIVA DE TRÁFICO	UND	1.000	1.00	180.00	L. 180.00
						<b>Subtotal Mat</b> L. 180.00
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O.	GLB	0.004	1.00		L. 0.00
						<b>Subtotal M.O.</b> L. 0.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	GLB	1.000	1.00		L. 0.00
						<b>Subtotal H.E.</b> L. 0.00
						<b>Costo Directo Total</b> L. 180.00
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b> L. 180.00
						<b>Costo Unitario Final</b> 180.00

Reductor de velocidad tipo túmulo de hule con cinta amarilla						
Item	D5	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Suministro reductor de velocidad tipo túmulo de hule L=0.46m Ancho= 0.30m Alto= 0.055m	UND	12.000	0.00	L. 697.00	L. 8,364.00
1.02	Suministro de terminal para reductor de velocidad L=0.20m Ancho= 0.30m Alto= 5.5cm	UND	2.000	0.00	L. 447.00	L. 894.00
1.03	Perno de acero Grado 5 de 1/2" x 2 1/2" con taco expansor	UND	28.000	0.00	L. 75.00	L. 2,100.00
						<b>Subtotal Mat</b> L. 11,358.00
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M.O.	GLB	1.000	0.00		L. 0.00
						<b>Subtotal M.O.</b> L. 0.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas menores	GLB	1.00	1.00		L. 0.00
						<b>Subtotal H.E.</b> L. 0.00
						<b>Costo Directo Total</b> L. 11,358.00
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b> L. 11,358.00
						<b>Costo Unitario Final</b> 11,358.00

Pintura de tránsito amarilla con bordillo						
Item	D6	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	PINTURA REFLECTIVA DE TRÁFICO	M	1.000	1.00	40.00	L. 40.00
						<b>Subtotal Mat</b> L. 40.00
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M. O. Pintura de tránsito					L. 0.00
						<b>Subtotal M.O.</b> L. 0.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor					L. 0.00
						<b>Subtotal H.E.</b> L. 0.00
						<b>Costo Directo Total</b> L. 40.00
						<b>% Indirectos</b>
						<b>Costo Final</b> L. 40.00
						<b>Costo Unitario Final</b> 40.00

Señales escolares						
Item	D7	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Suministro de rotulo de Zona Escolar 24"x24" en laniza galvanizada, con vinil reflectivo y tubo galvanizado de 2"x2"	UND	1.000	0.00	1,350.00	L. 1,350.00
					<b>Subtotal Mat</b>	L. 1,350.00
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M.O.	GLB	0.050	1.00	120.00	L. 6.00
					<b>Subtotal M.O.</b>	L. 6.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas menores	GLB	0.05	1.00	L. 0.30	L. 0.02
					<b>Subtotal H.E.</b>	L. 0.02
					<b>Costo Directo Total</b>	L. 1,356.02
					<b>% Indirectos</b>	
					<b>Costo Final</b>	L. 1,356.02
					<b>Costo Unitario Final</b>	1,356.02

Señales Reglamentarias (Máxima velocidad)						
Item	D8	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Suministro de rotulo Velocidad Máxima 24"x24" en laniza galvanizada con vinil reflectivo y tubo galvanizado 2"x2"	UND	1.000	0.00	1,250.00	L. 1,250.00
					<b>Subtotal Mat</b>	L. 1,250.00
2.00	<b>Mano de Obra</b>	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	M.O.	GLB	0.050	1.00	120.00	L. 6.00
					<b>Subtotal M.O.</b>	L. 6.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas menores	GLB	0.050	1.00	L. 0.30	L. 0.03
					<b>Subtotal H.E.</b>	L. 0.03
					<b>Costo Directo Total</b>	L. 1,256.03
					<b>% Indirectos</b>	
					<b>Costo Final</b>	L. 1,256.03
					<b>Costo Unitario Final</b>	1,256.03

PMAT					
Material Precio unitario	UNIDAD	Suma cantidad de obra material	Precio	Suma costo total material	
Madera Rustica (para estaca 2x2x2')	Pt	0.66	L 12.00	L 7.92	
Madera rústica de pino 2"x2"x10'	PIE T	12.24	L 12.00	L 146.88	
Madera rústica de pino 2"x2"x8'	PIE T	12.75	L 12.00	L 153.00	
Madera rústica de pino 1"x4"x8	PIE T	10.93	L 12.00	L 131.20	
Madera rústica de pino 1"x4"x12'	PIE T	22.01	L 12.00	L 264.16	
Madera rústica de pino 1"x4"x8'	PIE T	6.00	L 12.00	L 72.00	
Lamina zinc glavanizada 12' cal. 28	UND	37.00	L 249.21	L 9,220.77	
Clavos para lamina de zinc	LB	2.00	L 20.00	L 40.00	
Material de relleno	M3	447.4	L 13.58	L 6,075.62	
Agua	M3	68.39	L 15.36	L 1,050.49	
Material sub base	M3	601.20	L 270.00	L 162,324.00	
Clavos	LBS	71.00	L 20.00	L 1,420.00	
Madera rústica de pino 2"x5.1"	PIE T	951.39	L 12.00	L 11,416.68	
Concreto 4000 psi	M3	372.30	L 1,830.00	L 681,309.00	
Concreto 4000 psi (Bordillo)	M3	25.65	L 1,830.00	L 46,939.50	
Varilla #5 Corrugada G60	LANCE	103.00	L 248.00	L 25,544.00	
PINTURA REFLECTIVA DE TRÁFICO	GL	2,862.00	L 40.00	L 114,480.00	
TACHAS REFLECTIVAS BIDIRECCIONALES	UND.	144.00	L 64.93	L 9,349.92	
Suministro reductor de velocidad tipo túmero de hule L=0.46m Ancho= 0.30m Alto= 0.055m	UND	24.00	L 697.00	L 16,728.00	
Suministro de terminal para reductor de velocidad L=0.20m Ancho= 0.30m Alto= 5.5cm	UND	4.00	L 447.00	L 1,788.00	
Perno de acero Grado 5 de 1/2" x 2 1/2" con taco expansor	UND	56.00	L 75.00	L 4,200.00	
Suministro de rotulo de Zona Escolar 24"x24" en laniza galvanizada, con vinil reflectivo y tubo galvanizado de 2"x2"	UND	2.00	L 1,350.00	L 2,700.00	
Suministro de rotulo Velocidad Máxima 24"x24" en laniza galvanizada con vinil reflectivo y tubo galvanizado 2"x2"	UND	2.00	L 1,250.00	L 2,500.00	
			<b>TOTAL MAT</b>	<b>L 1,092,661.15</b>	

PMO					
	UNIDAD	Rendimiento	Cantidad	P.U.	TOTAL
M.O. Trazo y Nivelación	ml	1.00	570.00	L 25.00	L 14,250.00
M. O. Bodega Provisional	glb	1.00	2.00	L 2,800.00	L 5,600.00
M.O. Relleno y Compactación	m3	1.00	344.15	L 18.00	L 6,194.70
M. O. Sub base granular (La Vega)	m3	1.00	649.50	L 70.00	L 45,465.00
M.O. Pavimentación concreto 4000 psi	m3	1.00	372.30	L 350.00	L 130,305.00
M. O. Bordillo	ml	1.00	1,140.00	L 65.00	L 74,100.00
M. O. Dovelas	und	1.00	103.00	L 1.15	L 118.45
M. O. Línea Continua Amarilla	ml	1.00	1,140.00	L -	L -
M. O. Línea Discontinua Blanco	ml	1.00	570.00	L -	L -
M. O. Viales	und	1.00	144.00	L -	L -
M. O. Flecha Sencilla	und	1.00	12.00	L -	L -
M. O. Túmulo	und	1.00	2.00	L -	L -
M. O. Pintura Amarilla en Bordillos	ml	1.00	1,140.00	L -	L -
M. O. Señales Escolares	und	1.00	2.00	L 6.00	L 12.00
M. O. Señales Reglamentarias	und	1.00	2.00	L 6.00	L 12.00
				<b>TOTAL M.O.</b>	<b>L 276,033.15</b>

PHE					
	UNIDAD	Rendimiento		P.U.	TOTAL
Herramienta menor	glb	1.00	L	40.06	L 40.06
Tractor 200HP	glb	1.00	L	56,311.82	L 56,311.82
Compactador Neumatico	glb	1.00	L	8,446.03	L 8,446.03
Cisterna	glb	1.00	L	4,347.22	L 4,347.22
Rodillo CA 15 LISO 101 HP	glb	1.00	L	5,289.12	L 5,289.12
Motoniveladora 140 HP	glb	1.00	L	9,012.69	L 9,012.69
Volqueta	glb	1.00	L	33,254.40	L 33,254.40
Mezcladora	glb	1.00	L	1,959.75	L 1,959.75
Pulidora	glb	1.00	L	128.75	L 128.75
				<b>TOTAL H. E.</b>	<b>L 118,789.83</b>

## VI. CONCLUSIONES

### SAN FRANCISCO DE OJUERA

- 1) En base al levantamiento topográfico realizado, se concluye que la carretera de terracería actual, de acceso al municipio cuenta con un ancho de vía aproximado de 6.5 metros, y al tratarse de un terreno montañoso con pendientes muy pronunciadas en ciertos tramos que no cumplen con las normativas de diseño del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, donde se detalla como 17% la pendiente máxima en zonas montañosas, se diseñó como una rampa de acceso al puente desde la estación 0+000 hasta la estación 0+200 con una pendiente promedio de 27% para disminuir los volúmenes de corte y relleno.
- 2) Con fundamento en los estudios de suelo realizados a la subrasante se obtuvo como resultado una clasificación de suelo que corresponde a una arena bien graduada con grava según clasificación SUCS, lo que representa un material de buena calidad para el soporte de la superestructura y se podría mejorar empleando métodos de estabilización de suelo.
- 3) Para el diseño geométrico de la vía se utilizó el mismo alineamiento existente con una velocidad de diseño de 40 km/h conformada por una sub base granular de 0.25 m, una base granular de 0.10 m y una carpeta asfáltica de 0.05 m de espesor.
- 4) El monto total del proyecto asciende a Lps. 35,255,245.72.

### LA VEGA

- 5) Según los cálculos efectuados el tramo diseñado constó de 6 pozos de inspección. Los pozos A1 Y A2 fueron los de mayor profundidad con 2.48 m (v. Plano ), y el pozo con la menor profundidad fue el B4, con 1.72m (v. Plano ).
- 6) El tipo de material y diámetro de las tuberías a implementar en la red de alcantarillado sanitario es PVC SDR-41 y tuberías con un diámetro de 8" (0.20 m).
- 7) En un principio se contempló la implementación de pozos sépticos para las viviendas que no tendrían acceso a la red de alcantarillado por su cota con respecto a la del sistema de alcantarillado, sin embargo, la cobertura por medio del diseño final es total para todas las viviendas del tramo analizado.

- 8) El diseño final del pavimento rígido en la aldea La Vega, contempla un ancho de calzada de 6.5 m, con una velocidad de diseño de 30 km/h, espesores de 0.13 m y 0.25 m para la carpeta hidráulica y la subbase granular respectivamente. Se realizó el diseño con el uso de dovelas sucesivas debido al tráfico pesado del lugar.
- 9) Con fundamento en los estudios de suelo realizados se obtuvo como resultado una clasificación de suelo como arena bien graduada con limo y grava que recae en el grupo SW-SM para el primer estrato y arena bien graduada con grava para el segundo estrato. Se concluye que el suelo es adecuado como soporte para la estructura.

#### LA PALCA

- 10) Según los cálculos efectuados el tramo diseñado constó de 12 pozos de inspección, con profundidades de 1.5 m para todos los pozos en el sistema de alcantarillado sanitario.
- 11) El tipo de material y diámetro de las tuberías a implementar en la red de alcantarillado sanitario es PVC SDR-41 y tuberías con un diámetro de 8" (0.20 m).
- 12) En un principio se contempló la implementación de pozos sépticos para las viviendas que no tendrían acceso a la red de alcantarillado por su cota con respecto a la del sistema de alcantarillado, sin embargo, la cobertura por medio del diseño final es total para todas las viviendas del tramo analizado.
- 13) El diseño final del pavimento rígido en la aldea La Vega, contempla un ancho de calzada de 4 m, con una velocidad de diseño de 30 km/h, espesores de 0.11 m y 0.15 m para la carpeta hidráulica y la subbase granular respectivamente. Se realizó el diseño sin contemplar el uso de dovelas sucesivas debido al poco probable tráfico pesado en el lugar.
- 14) Con fundamento en los estudios de suelo realizados se obtuvo como resultado una clasificación del suelo como arena bien graduada con limo y grava que recae en el grupo SW-SM para el primer estrato y arena bien graduada con limo y gravas para el segundo estrato. Se concluye que el suelo es adecuado como soporte para la estructura.
- 15) El monto total de los proyectos de alcantarillado y pavimentación hidráulica en ambas aldeas asciende a Lps. 1,777,707.81 y Lps. 2,082,234.13 respectivamente.

## VII. RECOMENDACIONES

### SAN FRANCISCO DE OJERA

- Realizar la instalación de señalización vial acorde a normativas de SOPTRAVI en conjunto con demarcación y ampliación transversal de cajas puente a lo largo de la ruta.
- Se recomienda realizar los ensayos requeridos para determinar el nivel y tipo de estabilización del suelo según normativas para proporcionar una correcta base de soporte a la estructura de pavimento.

### LA VEGA

- Junto al desarrollo del proyecto se recomienda gestionar la construcción de una planta de tratamiento de las aguas residuales en el sitio previsto, a fin de que la comunidad disponga de un sistema completo de recolección, transporte, tratamiento y disposición de las aguas residuales. La legalización de los predios donde se construirá el tratamiento de las aguas residuales debe ser una prioridad para hacer realidad el proyecto.
- Una vez sea construido el sistema de alcantarillado sanitario la comunidad a través de la alcaldía deberá de eliminar las fosas sépticas existentes y no permitir la construcción de este tipo de sistemas a fin de evitar la contaminación.
- Ampliar la información topográfica con la finalidad de completar todo diseño del sistema de alcantarillado de la comunidad. Si la red se amplía, verificar que los puntos de conexión a la red diseñada cumplan con las normativas estipuladas.
- Así mismo, contemplar la implementación de pavimentación con adoquines para facilitar las futuras conexiones a la red de alcantarillado sanitario.
- Realizar un estudio de suelos con el propósito de identificar el nivel freático de la zona del predio para la planta de tratamiento, lo cual permitiría identificar aquellas zonas donde se requerirán procesos constructivos adecuados para este tipo de condición.
- Instalar reductores de velocidad en las cotas 0+010 y 0+060, debido a la ubicación de una escuela y el parque central de La Vega en las colindancias norte y sur del tramo diseñado.

## LA PALCA

- Junto al desarrollo del proyecto se recomienda gestionar la construcción de una planta de tratamiento de las aguas residuales en el sitio previsto, a fin de que la comunidad disponga de un sistema completo de recolección, transporte, tratamiento y disposición de las aguas residuales. La legalización de los predios donde se construirá el tratamiento de las aguas residuales debe ser una prioridad para hacer realidad el proyecto.
- Una vez sea construido el sistema de alcantarillado sanitario la comunidad a través de la alcaldía deberá de eliminar las fosas sépticas existentes y no permitir la construcción de este tipo de sistemas a fin de evitar la contaminación.
- Ampliar la información topográfica con la finalidad de completar todo diseño del sistema de alcantarillado de la comunidad. Si la red se amplía, verificar que los puntos de conexión a la red diseñada cumplan con las normativas estipuladas.
- Así mismo, contemplar la implementación de pavimentación con adoquines para facilitar las futuras conexiones a la red de alcantarillado sanitario.
- Realizar un estudio de suelos con el propósito de identificar el nivel freático de la zona del predio para la planta de tratamiento, lo cual permitiría identificar aquellas zonas donde se requerirán procesos constructivos adecuados para este tipo de condición.
- En el tramo de mayor pendiente comprendido desde el pozo A1 hasta el A0, se deberán implementar anclajes de concreto para acoplar la tubería a lo largo de todo el tramo.
- Contemplar la implementación de pavimentación con adoquines para facilitar la instalación de la red de alcantarillado sanitario.

## VIII.BIBLIOGRAFÍA

- Arocha, S. (1983). *Cloacas y Drenajes*. Caracas: Ediciones Vega.
- Arriaga, I. J. (2008). Pavimento de concreto hidraulico premezclado . *Instituto politecnico nacional*, 52.
- Cardoza, A. d. (s.f.). *Agenda Regional para la Gestión de las Excretas y Aguas Residuales en*.  
Obtenido de <https://www.paho.org/resscad/images/stories/GUATEMALA/PRESENTACIONES/tema%201%20ppt%202%20ana%20cardozo%20diagnostico%20y%20manejo%20aguas.pdf?ua=1>
- Chávez, D., López, & Cortes, J. (2018). *Diseño de pavimento flexible carretera principal hacia San Francisco de Ojuera (1ra Etapa)*. San Pedro Sula.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotecnia*.
- EcuRed* contributors. (17 de octubre de 2015). Obtenido de [https://www.ecured.cu/index.php?title=San\\_Francisco\\_de\\_Ojuera\\_\(Honduras\)&oldid=2549550](https://www.ecured.cu/index.php?title=San_Francisco_de_Ojuera_(Honduras)&oldid=2549550)
- García, R. A. (2010). *DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA*. Guatemala.
- Iturbide, J. C. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*.
- Lam, A. (septiembre de 2011). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA*. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 14.
- Lam, J. (2010). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA*. 32.
- Lentini, E. (2010). *Servicio de agua potable y saneamiento en guatemala*. 7.
- Ordóñez, J. A. (2013). *DISEÑO DE LA VÍA TIMANÁ – COSANZA EN PAVIMENTO FLEXIBLE*. 17.
- Periodico, E. (18 de 09 de 2017). *El Periodico*. Obtenido de <https://elperiodico.com.gt/nacion/2017/09/16/cc-ordena-al-gobierno-y-funcionarios-respetar-los-derechos-constitucionales/>

Reynafajer, S. (9 de noviembre de 2018). *Beneficios de las carreteras de asfalto*. Obtenido de <http://signovial.pe/blog/beneficios-de-las-carreteras-de-asfalto/>

Vilchez, I. H. (2016 ). DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE . *PROYECTO FINAL DE INGENIERIA DE TRANSITO* , 27.

Vilchez, I. H. (2016). Diseño de pavimento Flexible. *Proyecto de Ingenieria civil* , 12.

*XplorHonduras*. (3 de abril de 2014). Obtenido de <https://www.xplorhonduras.com/carreteras-de-honduras/>

## IX. ANEXOS

### ANEXO 1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

a) SAN FRANCISCO DE OJUERA	21,5013.11522,5016.62105,99.43964,hombro
PRIMER LEVANTAMIENTO	22,5017.84164,5023.90079,98.75801,hombro
1,5002.98844,5000.00000,100.70523,	23,5019.85802,5022.96642,98.85031,calle
2,5001.45455,4974.57566,101.41523,hombro	24,5025.71042,5019.28612,98.72261,calle
3,5000.12094,4975.29213,101.53794,calle	25,5026.87460,5018.45658,98.66248,hombro
4,4993.95628,4979.23876,102.05155,calle	26,5032.56761,5027.52951,98.10009,hombro
5,4992.27017,4980.27883,102.11667,hombro	27,5031.30756,5028.29947,98.13678,calle
6,4996.58211,4988.67352,101.55724,hombro	28,5025.30125,5031.92302,98.16920,calle
7,4998.17328,4987.53991,101.49412,calle	29,5023.94316,5032.86962,98.11429,hombro
8,5004.79466,4984.45095,100.97630,calle	30,5011.45534,5017.82593,99.23430,orilla
9,5005.87381,4983.83379,100.89463,hombro	31,5007.25096,5017.40985,99.16916,orilla
10,5011.75485,4994.19942,100.25439,hombro	32,5008.90183,5020.42883,98.56989,muro
11,5010.61424,4994.78239,100.33877,calle	33,5004.26617,5017.79439,98.85547,orilla
12,5004.34458,4998.01536,100.74698,calle	34,5000.30156,5018.42056,98.35991,asfalto-tierra
13,5002.62942,4998.92946,100.77779,hombro	35,4998.67326,5023.77034,97.16542,muro
14,5007.62970,5007.82850,100.10693,hombro	36,4993.90041,5012.58686,97.77165,calle
15,5009.52263,5006.50302,100.13784,calle	37,4997.12087,5019.86092,97.72115,calle
16,5015.56650,5002.90735,99.82987,calle	38,4996.40247,5011.01416,98.37684,asfalto-tierra
17,5016.72879,5002.01612,99.76494,hombro	39,4992.59701,5005.07790,97.17825,muro
18,5022.25277,5010.95714,99.14775,hombro	40,4998.92573,5008.12907,99.12253,orilla
19,5021.06355,5011.73139,99.22166,calle	41,5001.42541,5004.32030,99.94227,orilla
20,5015.06525,5015.38781,99.46176,calle	42,4998.00319,5000.07817,99.49000,muro

SEGUNDO LEVANTAMIENTO

1,5092.87148,5000.00000,115.46044,	25,5020.26243,4996.18584,102.10117,calle
2,5080.12094,5002.59488,113.20487,calle existente	26,5020.29958,5002.31956,102.01459,calle
3,5077.44510,5009.56343,113.15897,calle existente	27,5019.98187,5004.00989,101.53765,muro
4,5070.61944,5011.50979,111.58956,muro	28,5010.93070,5004.06584,100.59486,muro
5,5070.69118,5007.53665,111.71162,calle	29,5010.76209,5002.09120,100.93823,calle
6,5072.24250,5000.42952,111.43850,calle	30,5011.17904,4996.93412,100.70310,calle
7,5073.54508,4994.64456,110.58903,muro	31,5011.43592,4991.72935,101.20551,muro
8,5062.64379,4993.63672,108.73269,muro	32,5004.11670,4989.91148,100.55125,muro
9,5061.93626,4997.04347,109.25624,calle	33,5002.54899,4994.30101,99.32975,calle
10,5060.09491,5003.38752,109.37375,calle	34,4998.80941,4999.65174,99.88129,calle
11,5059.51098,5005.97262,108.78854,muro	35,4997.71144,5002.00220,100.00692,muro
12,5050.00704,5003.95904,106.85344,muro	36,4990.14518,4993.97874,98.98902,muro
13,5050.08959,5001.63241,107.15830,calle	37,4992.60189,4993.01683,98.92136,calle
14,5050.63547,4994.75001,107.08487,calle	38,4997.34705,4989.42315,98.28983,calle
15,5050.99332,4993.01671,106.78094,muro	39,5000.73993,4986.67575,99.86371,muro
16,5041.09808,4993.05181,105.24014,muro	40,4998.26780,4979.54509,98.26728,muro
17,5041.09694,4994.60152,105.53434,calle	41,4994.19744,4979.66905,96.84752,calle
18,5040.86402,5001.09616,105.37232,calle	42,4989.02865,4979.93380,97.16330,calle
19,5040.83924,5002.93890,105.04623,muro	43,4985.92915,4980.04624,97.51248,muro
20,5030.76697,5003.16092,103.39286,muro	44,4986.15574,4967.81782,95.83034,muro
21,5030.47225,5001.64223,103.68211,calle	45,4989.40653,4967.90722,95.56926,calle
22,5029.86433,4995.17373,103.63338,calle	46,4994.60983,4968.35402,95.50045,calle
23,5029.35290,4992.41099,103.50001,muro	47,4997.40205,4968.38706,96.07609,muro
24,5019.98845,4992.53492,102.51764,muro	48,4996.51132,4958.58208,94.29286,muro
	49,4995.04199,4958.53963,94.44888,calle

50,4989.76174,4958.10674,94.22491,calle	75,4972.84091,4908.41319,86.51024,muro
51,4986.02669,4957.93393,94.57617,muro	76,4972.80945,4896.70798,84.23019,calle
52,4984.95571,4948.37222,92.97677,muro	77,4976.82819,4894.03429,84.13263,calle
53,4989.16311,4947.52035,92.77722,calle	78,4981.14806,4891.13230,84.68709,muro
54,4994.28495,4946.48411,92.98648,calle	79,4975.88145,4881.78742,83.35724,muro
55,4995.50330,4946.03211,92.65898,muro	80,4971.48206,4884.62957,82.87498,calle
56,4994.75863,4937.95695,91.72779,muro	81,4967.03886,4886.81119,82.85268,calle
57,4992.91369,4938.10057,92.00722,calle	82,4966.26983,4875.34256,81.80633,calle
58,4987.49961,4939.08202,91.47082,calle	83,4970.57385,4872.75159,82.13491,muro
59,4982.07063,4940.17701,91.90681,muro	84,4965.16427,4864.85009,80.89553,muro
60,4979.65370,4932.02416,90.53825,muro	85,4961.66566,4867.06069,80.97785,calle
61,4985.07942,4930.16976,89.86983,calle	86,4955.78459,4869.81862,81.10206,calle
62,4990.18274,4928.29986,90.05335,calle	87,4954.19382,4870.46329,81.24415,muro
63,4992.52771,4927.49773,89.98960,muro	88,4959.12607,4860.70944,80.30654,calle
64,4990.85152,4919.69560,89.10032,muro	89,4961.99423,4859.52450,80.22563,muro
65,4987.79166,4920.61378,88.58234,calle	90,4954.64431,4845.35822,78.92688,ref2
66,4982.89310,4922.21153,88.44875,calle	91,4965.83503,4900.78270,84.84365,muro
67,4977.25067,4923.79583,89.22432,muro	92,4960.43814,4891.16892,83.97372,muro
68,4974.97193,4915.67677,87.80134,muro	93,4955.94498,4880.05855,82.55399,muro
69,4980.51420,4913.48772,86.95965,calle	94,4952.60817,4871.48807,81.49697,muro
70,4984.69599,4912.05423,86.97729,calle	95,4954.29556,4863.88744,80.93129,calle
71,4989.47611,4910.54844,87.91858,muro	96,4953.45833,4856.38585,80.36774,calle
72,4985.80960,4902.84993,86.24395,muro	97,4946.40043,4856.76878,79.96059,muro
73,4982.05685,4904.64049,85.76656,calle	98,4945.84239,4850.41873,80.05871,muro
74,4977.58139,4906.38918,85.78489,calle	99,4955.07784,4848.64240,79.24877,calle

100,4960.50255,4850.44548,79.04725,calle	125,4998.30417,4807.65133,73.16821,muro
101,4963.51355,4851.68283,78.81907,muro	126,5005.54203,4800.59211,71.09335,muro
102,4967.83323,4843.88729,77.63438,muro	127,5003.36832,4798.44402,70.85838,calle
103,4965.23031,4841.98396,77.82953,calle	128,5000.33646,4794.03656,70.89592,calle
104,4961.23078,4839.10051,77.77226,calle	129,4998.09115,4791.37312,71.31110,muro
105,4956.86810,4835.24261,78.20668,muro	130,5006.80788,4783.93436,69.04165,muro
106,4961.61267,4827.63861,77.92242,muro	131,5008.74380,4785.20248,69.27350,caja puente
107,4966.71416,4831.63713,76.63550,calle	132,5010.61642,4783.58315,69.07733,caja puente
108,4970.99844,4834.59229,76.67756,calle	133,5008.97945,4786.28845,69.53490,calle
109,4973.47958,4835.98920,76.59118,muro	134,5011.83303,4790.88000,69.76629,calle
110,4980.40633,4828.73516,75.39357,muro	135,5010.24893,4794.61317,69.79945,caja puente
111,4977.57571,4826.20129,75.57253,calle	136,5011.73706,4793.55904,69.74588,caja puente
112,4973.63806,4822.88379,75.56184,calle	137,5013.52523,4793.61263,69.83523,muro
113,4970.64837,4819.81884,74.98667,muro	138,5021.03551,4786.90980,68.88309,muro
114,4977.28047,4814.65479,75.03124,muro	139,5018.73939,4784.22180,68.98166,calle
115,4979.07405,4815.91331,74.64738,calle	140,5014.88323,4780.18056,68.83866,calle
116,4983.31011,4819.31454,74.63664,calle	141,5012.69184,4777.98024,68.63994,muro
117,4988.03867,4822.49531,75.71903,muro	142,5019.45816,4770.09404,68.36332,muro
118,4992.52645,4815.54234,74.68173,muro	143,5021.95082,4772.03784,68.20915,calle
119,4988.80421,4812.76849,73.64591,calle	144,5025.76987,4775.82633,68.27081,calle
120,4984.91511,4808.79596,73.69622,calle	145,5028.52095,4778.16846,68.57954,muro
121,4982.95446,4807.25096,74.06277,muro	146,5034.68785,4771.94540,68.57590,muro
122,4989.42702,4799.39747,73.03170,muro	147,5032.51922,4769.26863,67.52099,calle
123,4991.66170,4801.78447,72.46546,calle	148,5029.08958,4764.56413,67.62411,calle
124,4995.58273,4805.72821,72.24333,calle	149,5026.89379,4761.84179,67.58419,muro

150,5034.65168,4753.67779,66.79513,muro	175,5064.92661,4721.29488,62.32134,calle
151,5038.14769,4757.74223,66.75147,calle	176,5067.63147,4725.68707,62.42619,calle
152,5041.34736,4762.39093,66.40847,calle	177,5071.97591,4734.24391,62.75245,ref3
153,5043.14179,4764.20994,67.25733,muro	178,5053.66791,4759.02878,66.31370,muro
154,5049.97550,4757.49004,65.38653,calle	179,5064.29501,4752.54296,64.55607,muro
155,5048.08395,4752.69493,65.33159,calle	180,5071.81095,4745.55868,63.62516,muro
156,5045.10445,4747.35477,65.91134,muro	181,5065.25753,4746.23329,63.43714,calle
157,5052.76064,4744.91999,63.70286,muro	182,5061.93119,4728.79708,61.90785,caja puente
158,5055.55673,4747.54628,64.02843,calle	183,5058.72128,4724.54160,61.84052,caja puente
159,5060.99493,4740.87309,62.98530,calle	184,5053.47275,4717.53173,61.91672,caja puente
160,5058.54298,4738.02365,62.88664,muro	185,5057.98333,4719.72551,62.13606,calle
161,5061.72899,4739.79894,62.87596,calle	186,5061.66890,4716.87880,62.28587,calle
162,5061.80876,4739.81751,62.87347,calle	187,5064.10953,4714.78193,62.94167,muro
163,5067.23227,4742.14966,63.20656,calle	188,5054.87430,4708.48979,62.94609,calle
164,5069.41414,4735.71775,62.89029,calle	189,5057.48539,4705.73566,64.52990,muro
165,5064.27188,4733.68721,62.41363,calle	190,5050.38981,4711.06388,62.86881,calle
166,5061.65303,4732.25324,62.28265,muro	191,5047.13195,4712.81311,62.18422,muro
167,5063.50543,4728.14143,62.07605,calle	192,5039.71873,4702.41930,63.58765,muro
168,5069.32457,4730.80856,62.68253,calle	193,5043.60246,4699.56762,64.26917,calle
169,5076.87475,4733.40371,62.56129,muro	194,5048.04300,4696.97204,64.31457,calle
170,5081.02721,4728.50187,62.33999,muro	195,5052.26458,4694.30122,65.62803,muro
171,5076.04412,4725.76966,62.41299,muro	196,5047.41304,4683.05648,67.06241,muro
172,5070.04010,4726.37990,62.42733,caja puente	197,5042.60863,4684.46319,66.04344,calle
173,5067.79037,4723.43698,62.32403,caja puente	198,5037.41306,4686.28014,65.85176,calle
174,5065.28914,4720.08287,62.23768,caja puente	199,5034.21932,4686.92989,65.31031,muro

200,5031.89840,4675.78570,67.27034,muro	225,5034.32757,4616.43861,78.35584,muro
201,5033.55684,4675.07491,67.39735,calle	226,5028.53266,4615.78141,77.30872,calle
202,5039.06465,4673.30667,67.53097,calle	227,5029.62248,4622.45910,75.52782,caja puente
203,5042.46961,4671.71744,68.50317,muro	228,5029.61605,4625.07560,75.17605,caja puente
204,5037.67062,4662.25473,69.60430,muro	229,5022.86799,4614.63627,77.29703,calle
205,5035.45685,4663.03536,69.16212,calle	230,5020.61367,4613.94803,76.92169,muro
206,5029.91322,4664.19295,69.04287,calle	231,5022.47907,4604.39664,79.66808,muro
207,5028.33932,4664.45413,68.60586,muro	232,5024.96228,4604.64175,79.34944,calle
208,5023.70904,4651.35737,70.93406,muro	233,5030.50491,4605.51660,79.32980,calle
209,5025.54354,4650.64533,71.58492,calle	234,5035.71726,4606.15437,79.76952,muro
210,5030.56198,4649.09744,71.70678,calle	235,5037.60631,4595.22611,83.10027,muro
211,5032.77381,4648.13246,72.26686,muro	236,5034.21020,4593.09313,82.15240,calle
212,5029.45231,4639.34503,73.61598,muro	237,5029.18890,4590.79776,82.25093,calle
213,5027.82644,4639.69869,73.45765,calle	238,5026.74762,4588.89003,82.84239,muro
214,5022.56845,4640.73501,73.60092,calle	239,5036.75966,4575.62685,85.15291,muro
215,5019.10739,4641.35978,73.39028,muro	240,5038.36199,4576.96553,84.92117,calle
216,5017.67502,4629.77657,74.06671,muro	241,5042.78505,4580.60636,85.01360,calle
217,5020.80295,4629.12918,75.24044,caja puente	242,5044.83879,4582.62988,85.72973,muro
218,5020.81659,4627.34677,75.32900,caja puente	243,5047.00174,4575.81656,86.00290,calle
219,5021.19859,4630.13597,75.15352,calle	244,5043.69126,4572.01711,85.96827,calle
220,5019.21937,4621.63614,75.27057,muro	245,5042.28802,4570.49812,86.16030,muro
221,5021.51905,4622.72063,76.04985,calle	246,5049.82375,4563.40055,87.25238,muro
222,5021.00667,4624.36671,75.90378,ref4	247,5051.09285,4565.39584,87.14851,calle
223,5027.16593,4628.40365,75.20345,calle	248,5052.39330,4560.83385,87.44197,muro
224,5032.52540,4627.43583,77.38508,muro	249,5043.78489,4570.66749,86.22500,ref5

250,5050.70935,4579.05089,87.37156,muro	275,5054.47689,4519.74416,90.55739,calle
251,5048.28802,4574.96340,86.18452,calle	276,5059.12736,4517.70300,90.88064,calle
252,5058.46947,4571.92220,88.91352,muro	277,5060.43891,4516.77761,91.93409,muro
253,5054.97994,4568.74441,87.44511,calle	278,5055.19130,4507.38980,91.81604,calle
254,5061.60969,4561.75613,88.52422,calle	279,5056.81120,4506.74282,92.28308,muro
255,5064.44448,4563.62539,89.19280,muro	280,5050.52588,4509.40690,91.74365,calle
256,5066.79507,4558.05453,88.89582,caja puente	281,5047.67642,4510.67472,91.42384,muro
257,5067.25372,4556.05636,88.90544,caja puente	282,5048.55307,4503.22102,92.36751,calle
258,5064.98014,4555.93933,89.04617,calle	283,5052.79612,4500.29879,92.38511,calle
259,5067.53170,4559.59791,89.80050,muro	284,5054.60238,4499.42256,93.01536,muro
260,5058.48572,4557.11098,88.24399,caja puente	285,5044.98055,4501.54281,92.06874,muro
261,5059.22459,4555.68391,88.42451,caja puente	286,5044.59849,4486.18315,92.76410,muro
262,5059.37291,4556.64750,88.39077,calle	287,5046.18322,4486.09506,93.18342,calle
263,5060.35707,4553.09914,88.58784,calle	288,5051.21260,4486.68165,93.11897,calle
264,5066.84623,4549.91125,89.32685,calle	289,5052.97215,4486.26861,93.69257,muro
265,5069.03041,4549.44578,89.73524,muro	290,5046.30620,4479.64908,93.52077,refer6
266,5066.95090,4546.12640,89.39690,calle	291,5047.76843,4502.94514,92.26245,caja puente
267,5061.28889,4544.96299,88.81435,calle	292,5047.46921,4501.53987,92.38003,caja puente
268,5058.25610,4545.78360,87.70624,muro	293,5052.87143,4497.31376,92.52987,caja puente
269,5061.34632,4539.85605,89.15064,calle	294,5052.32124,4495.28010,92.61142,caja puente
270,5065.83682,4538.34258,89.50621,calle	295,5051.95481,4475.87207,94.15658,calle
271,5061.23285,4523.34310,90.35119,calle	296,5054.31378,4475.71389,95.27290,muro
272,5058.10750,4529.84342,89.68812,calle	297,5047.62033,4474.24806,94.16152,calle
273,5055.54383,4529.87182,89.10989,muro	298,5045.44335,4473.02680,93.44965,muro
274,5052.83719,4520.45207,90.13687,muro	299,5047.19521,4460.92058,94.78025,muro

300,5049.31986,4461.20076,95.44927,calle	325,5112.96554,4385.09706,104.40286,muro
301,5054.18776,4461.93355,95.36909,calle	326,5111.46209,4383.83114,103.34917,calle
302,5055.63814,4462.09430,96.38693,muro	327,5107.26386,4380.43479,103.30480,calle
303,5060.43610,4449.25882,96.97301,muro	328,5105.35557,4379.23745,103.18816,muro
304,5059.25589,4448.34705,96.26435,calle	329,5119.39744,4361.78351,106.40143,muro
305,5055.18834,4445.49930,96.48935,calle	330,5122.31214,4363.59797,105.58687,calle
306,5052.75468,4444.55818,95.82843,muro	331,5126.59478,4366.59384,105.52182,calle
307,5060.04323,4434.67954,96.20040,muro	332,5127.88123,4367.43013,106.45715,muro
308,5062.01711,4436.16677,96.78100,calle	333,5136.19988,4358.44607,107.21225,muro
309,5064.00997,4431.63409,96.58463,refe7	334,5135.27894,4357.23286,106.32297,calle
310,5065.82196,4439.19455,96.80333,calle	335,5131.66422,4353.37996,106.47857,calle
311,5068.39081,4439.52077,97.79238,muro	336,5129.82857,4351.93864,107.03304,muro
312,5063.47597,4433.30430,96.68872,calle	337,5136.85253,4346.51069,106.78401,refe8
313,5069.48905,4424.35564,96.69587,muro	338,5141.55450,4351.64508,106.53213,calle
314,5071.06640,4425.49907,97.12941,calle	339,5138.60825,4345.80244,106.70698,calle
315,5075.14414,4428.67346,97.27981,calle	340,5137.30329,4344.33075,106.82986,muro
316,5076.69271,4429.45501,98.09114,muro	341,5133.41785,4348.04198,106.95509,muro
317,5088.72510,4417.61926,98.80774,muro	342,5144.56700,4349.05441,106.58095,calle
318,5087.19627,4415.73865,98.29274,calle	343,5141.72801,4353.62281,107.38094,muro
319,5083.61405,4411.73072,98.05602,calle	344,5145.38612,4339.87230,106.73032,calle
320,5082.67373,4410.45156,97.55871,muro	345,5144.63062,4338.56828,106.77312,muro
321,5095.93291,4393.30088,100.97521,muro	346,5150.18679,4344.29770,106.62749,calle
322,5097.07040,4394.20536,100.95627,calle	347,5151.11741,4345.32347,107.06511,muro
323,5101.61142,4397.36693,101.06885,calle	348,5160.18486,4336.73288,106.82282,muro
324,5103.50381,4398.45037,101.96733,muro	349,5159.33651,4335.88486,106.79878,calle

350,5156.36115,4331.95629,106.71187,calle	375,5236.41406,4271.15053,111.97909,calle
351,5155.79497,4331.25182,106.86239,muro	376,5234.80722,4268.27898,112.59238,muro
352,5158.58346,4330.38093,106.74012,caja puente	377,5249.13709,4264.71707,111.64126,ref9
353,5159.93629,4329.21184,106.68152,caja puente	378,5249.92121,4269.87046,111.84043,calle
354,5161.69778,4334.01091,106.66098,calle	379,5247.21408,4265.89974,111.70399,calle
355,5162.80535,4333.20445,106.62345,caja puente	380,5244.54368,4261.49964,111.37187,muro
356,5161.78090,4333.84440,106.67536,caja puente	381,5252.68200,4272.62010,113.26344,muro
357,5171.90668,4329.14592,107.40347,muro	382,5244.17880,4277.84496,113.99670,muro
358,5170.21673,4327.13312,106.90530,calle	383,5256.10422,4265.84238,111.57215,caja puente
359,5167.12870,4322.73683,107.02595,calle	384,5256.90211,4264.96139,111.54493,caja puente
360,5166.47906,4321.91751,107.03823,muro	385,5252.60456,4262.90482,111.37472,caja puente
361,5181.17770,4309.40429,108.04911,muro	386,5253.91606,4261.60843,111.31690,caja puente
362,5182.59664,4309.68618,108.10299,calle	387,5256.64787,4258.84234,111.14876,calle
363,5186.80142,4313.44295,108.18617,calle	388,5253.24233,4255.08411,110.40457,muro
364,5188.74332,4315.67872,108.61814,muro	389,5259.96403,4261.72292,111.31275,calle
365,5204.32092,4302.23731,110.73312,muro	390,5262.02948,4263.04496,112.18825,muro
366,5203.29204,4300.95287,109.95809,calle	391,5270.08869,4253.27351,110.97005,muro
367,5200.41575,4295.70261,110.10445,calle	392,5267.90629,4251.57144,110.66784,calle
368,5199.91753,4294.71879,110.18989,muro	393,5263.95265,4248.28451,110.52090,calle
369,5216.68053,4281.75828,111.91326,muro	394,5261.49601,4246.36186,109.66487,muro
370,5217.99532,4283.09701,111.63771,calle	395,5269.11082,4233.51503,111.08531,muro
371,5221.76392,4287.53704,111.58912,calle	396,5272.20537,4235.83438,110.37744,calle
372,5222.98118,4288.62381,112.41446,muro	397,5276.62561,4238.67617,110.30606,calle
373,5239.25931,4276.43038,111.99091,calle	398,5278.96574,4240.60297,112.35842,muro
374,5240.12964,4277.69168,112.67416,muro	399,5285.53782,4231.59810,111.55271,muro

400,5283.40065,4229.97190,109.92817,calle	425,5308.69802,4179.96539,108.85355,calle
401,5279.27149,4226.48511,110.06408,calle	426,5310.44038,4179.90326,109.74870,muro
402,5276.47009,4223.79534,110.70288,muro	427,5300.94810,4171.84431,109.29664,calle
403,5282.63829,4215.65732,109.85249,muro	428,5298.22112,4172.84224,108.68826,muro
404,5286.10018,4218.32823,109.49903,calle	429,5304.37889,4165.74130,109.62915,calle
405,5289.97845,4222.03136,109.43194,calle	430,5305.96112,4163.87715,110.75215,muro
406,5291.76093,4224.11846,110.67546,muro	431,5297.17850,4162.82759,109.74892,calle
407,5299.60721,4215.91028,109.34350,muro	432,5294.38198,4163.80204,109.02397,muro
408,5297.96907,4214.36598,108.90014,calle	433,5303.14650,4162.49882,109.76253,calle
409,5294.28326,4210.03921,108.84013,calle	434,5299.92600,4154.34509,110.05919,calle
410,5291.20273,4206.51684,108.32607,muro	435,5303.22534,4151.93020,111.88163,muro
411,5299.66425,4200.50699,107.76813,muro	436,5300.09716,4144.63257,111.57387,muro
412,5301.78385,4201.61779,108.23353,calle	437,5299.97979,4138.89615,111.07426,muro
413,5306.15065,4203.93231,108.41451,calle	438,5300.64331,4131.77849,109.73853,muro
414,5309.68475,4205.28611,109.11157,muro	439,5301.25151,4125.84459,108.60767,muro
415,5308.41123,4199.83658,107.97293,caja puente	440,5288.29170,4134.09510,110.71149,muro
416,5308.68997,4198.47119,108.05707,caja puente	441,5289.05397,4144.25691,110.55340,muro
417,5303.26334,4198.51105,108.13979,calle	442,5291.82322,4155.86406,109.71112,muro
418,5307.93594,4199.12679,108.36918,calle	443,5294.03597,4153.85411,110.22043,calle
419,5302.73692,4198.89817,107.98744,caja puente	444,5298.60167,4150.57608,110.15740,calle
420,5303.25666,4197.71423,107.81982,caja puente	445,5296.34065,4142.38031,109.98467,calle
421,5302.15320,4191.22384,107.84324,muro	446,5291.02622,4143.79022,110.12743,calle
422,5304.59493,4191.12661,108.21421,calle	447,5299.26648,4135.22646,110.53139,muro
423,5309.38711,4190.91940,108.43369,calle	448,5299.27176,4136.94646,110.65118,ref10
424,5311.09959,4190.91960,109.59632,muro	449,5300.06122,4167.39737,109.52238,calle

450,5297.42167,4168.61020,108.71871,muro	475,5286.09525,4064.63036,96.98697,muro
451,5291.09666,4135.07758,109.38538,calle	476,5282.18637,4053.11418,94.05352,calle
452,5300.96155,4120.52145,107.85619,muro	477,5276.86126,4052.57945,94.01971,calle
453,5297.61677,4120.71289,106.87468,calle	478,5275.28993,4052.53790,93.61970,muro
454,5291.97575,4120.42321,106.72044,calle	479,5276.36487,4038.79456,92.47784,muro
455,5287.34308,4119.51266,108.26595,muro	480,5278.39310,4038.99375,92.87129,calle
456,5285.60234,4112.11690,105.60053,muro	481,5276.66678,4069.28008,96.25759,ref11
457,5289.72358,4110.10942,104.43562,calle	482,5275.56486,4071.54792,96.65015,muro
458,5295.66312,4108.15348,104.45175,calle	483,5282.84455,4048.18088,93.54357,calle
459,5298.83019,4106.58119,105.43352,muro	484,5285.85566,4048.13799,94.73807,muro
460,5293.92124,4094.76169,102.81948,muro	485,5286.63150,4037.97688,93.59137,muro
461,5290.80742,4096.13183,101.57782,calle	486,5284.44167,4037.17864,92.71428,calle
462,5284.78384,4098.22331,101.59860,calle	487,5278.87488,4036.26110,92.72340,calle
463,5281.30465,4098.25082,102.02975,muro	488,5276.86766,4035.99240,92.47249,muro
464,5277.90006,4088.95585,99.39583,muro	489,5279.70749,4021.81179,91.64327,muro
465,5280.84516,4088.00597,99.41546,calle	490,5280.95248,4022.17088,91.56882,calle
466,5286.43595,4086.04209,99.36398,calle	491,5286.72897,4022.95351,91.60949,calle
467,5288.90338,4084.17855,100.44489,muro	492,5289.35971,4023.18812,92.78976,muro
468,5286.86108,4074.69074,98.51473,muro	493,5292.43563,4007.79942,91.63142,muro
469,5283.78209,4075.49744,97.17402,calle	494,5289.08797,4007.40351,90.46167,calle
470,5277.57832,4074.87020,97.04500,calle	495,5283.57951,4006.42071,90.40900,calle
471,5275.48659,4075.12208,96.87153,muro	496,5282.17078,4006.07309,90.29168,muro
472,5275.42983,4064.58016,95.30081,muro	497,5285.44721,3987.23044,88.73435,muro
473,5276.86605,4064.70669,95.55808,calle	498,5286.61164,3987.63582,88.66511,calle
474,5282.15570,4064.45764,95.41196,calle	499,5292.03420,3988.37867,88.78613,calle

500,5295.85408,3988.80687,90.04281,muro	525,5319.41497,3903.85100,84.08206,muro
501,5296.98777,3973.81403,88.18223,muro	526,5316.54597,3901.85761,83.50328,calle
502,5294.06179,3973.71621,87.40482,calle	527,5312.50475,3898.08762,83.82705,calle
503,5288.46198,3972.62974,87.34929,calle	528,5310.95001,3896.57483,83.98331,muro
504,5287.15983,3972.41620,87.30924,muro	529,5320.89846,3885.65187,82.74178,muro
505,5289.18113,3954.54491,86.43817,muro	530,5322.31689,3887.51819,82.66873,calle
506,5291.29697,3955.00754,86.32853,calle	531,5326.18250,3891.71710,82.39824,calle
507,5296.02646,3955.83348,86.26244,calle	532,5328.69875,3894.22280,82.93036,muro
508,5298.62399,3956.25888,86.78246,muro	533,5337.82556,3886.05113,82.11383,muro
509,5301.47256,3941.38066,86.05636,muro	534,5335.58385,3883.55765,81.33519,calle
510,5298.91552,3940.86070,85.61983,calle	535,5332.66574,3878.82326,81.56538,calle
511,5293.85943,3939.62917,85.66115,calle	536,5331.50610,3877.55557,81.81344,muro
512,5292.07439,3939.07506,85.70361,muro	537,5343.32866,3869.19762,80.60450,muro
513,5295.81739,3925.07094,85.39192,muro	538,5343.93217,3870.59515,80.47168,calle
514,5297.11920,3925.40171,85.30567,calle	539,5346.86878,3875.18701,80.37460,calle
515,5300.89689,3929.90204,85.21364,calle	540,5346.86838,3875.18588,80.37449,calle
516,5307.11994,3903.72615,84.42824,ref12	541,5348.90806,3877.93974,80.97565,muro
517,5306.31211,3923.95361,85.32462,muro	542,5358.28604,3872.10952,80.23584,muro
518,5304.41055,3921.05978,84.69545,calle	543,5356.83859,3869.40610,79.62903,calle
519,5299.86775,3918.44667,85.00969,calle	544,5354.46194,3864.52492,79.68437,calle
520,5298.31358,3917.62468,85.27041,muro	545,5353.75374,3863.20087,79.72674,muro
521,5303.30302,3908.15154,84.75107,muro	546,5367.96331,3855.04924,78.87113,muro
522,5304.95067,3908.73926,84.57350,calle	547,5368.91980,3856.49736,78.75466,calle
523,5309.42786,3911.42257,84.18999,calle	548,5371.56575,3861.27997,78.70534,calle
524,5312.24294,3913.18647,84.86968,muro	549,5372.46285,3863.39049,78.98032,muro

550,5386.82902,3853.27417,78.01482,calle	575,5439.79732,3823.06081,74.50388,calle
551,5384.66862,3848.50176,78.03614,calle	576,5439.34881,3821.44892,74.35936,muro
552,5383.91631,3846.66296,77.96798,muro	577,5461.25611,3815.18366,71.26931,muro
553,5401.15160,3838.26881,77.07271,muro	578,5461.64218,3816.04112,71.22913,calle
554,5401.88939,3839.74404,77.29350,calle	579,5463.50892,3821.76088,71.27308,calle
555,5402.33907,3844.84087,77.46010,calle	580,5464.26219,3825.65527,71.69615,muro
556,5413.21222,3832.72384,76.66891,muro	581,5477.50582,3821.32611,69.75163,muro
557,5413.83800,3834.10120,76.72059,calle	582,5475.90790,3817.53981,69.61113,calle
558,5404.64353,3839.09509,77.28877,calle	583,5474.92241,3812.46793,69.58734,calle
559,5410.19169,3834.58722,76.89070,ref13	584,5474.80789,3811.56187,69.58919,muro
560,5392.41258,3854.77785,78.85826,muro	585,5494.14294,3805.10348,68.02518,calle
561,5399.73636,3850.97491,78.34531,muro	586,5495.85071,3809.65026,68.10887,calle
562,5398.07061,3847.33047,77.57293,calle	587,5497.21349,3812.64268,68.10081,muro
563,5407.08568,3842.81411,77.19814,calle	588,5510.10670,3805.86472,67.68200,muro
564,5408.78399,3846.22031,78.05223,muro	589,5509.38617,3803.62314,67.58928,calle
565,5419.13903,3841.15920,77.81641,muro	590,5517.05607,3799.38106,67.42991,calle
566,5417.71274,3838.01840,76.57991,calle	591,5527.04662,3795.33701,67.35603,muro
567,5415.45104,3833.16424,76.61463,calle	592,5518.96810,3799.46610,67.45810,ref14
568,5414.84686,3831.49081,76.55122,muro	593,5497.39438,3801.67124,67.82240,muro
569,5426.26426,3826.91950,76.05842,muro	594,5508.10663,3796.57945,67.40832,muro
570,5426.77465,3828.32754,75.87941,calle	595,5509.50843,3798.38026,67.39742,calle
571,5428.84575,3833.36419,75.76962,calle	596,5515.41691,3803.58605,67.34471,muro
572,5429.95415,3836.14751,76.92625,muro	597,5515.40847,3794.76642,67.18034,calle
573,5442.53011,3831.68272,75.53058,muro	598,5513.93495,3792.66243,67.24293,muro
574,5441.70355,3828.63075,74.36370,calle	599,5525.56636,3793.72466,67.23264,calle

600,5522.13193,3788.44272,67.21040,calle	625,5612.25490,3710.81486,66.99911,ref15
601,5520.64381,3786.94904,66.85790,muro	626,5598.01773,3727.15778,68.77585,muro
602,5534.34976,3775.82769,67.47071,muro	627,5609.10875,3717.29136,67.45912,muro
603,5535.33290,3776.89434,67.39665,calle	628,5607.92042,3715.52392,67.41014,calle
604,5539.38122,3780.97039,67.43805,calle	629,5604.52115,3710.68949,67.12044,calle
605,5540.71089,3782.16183,67.73172,muro	630,5602.44952,3708.31474,66.79685,muro
606,5551.07225,3771.44143,68.76039,muro	631,5610.87230,3698.41957,66.01215,muro
607,5549.91995,3770.38178,68.07185,calle	632,5613.23820,3700.15010,66.12652,calle
608,5546.72566,3766.53920,68.16676,calle	633,5618.10993,3703.19925,66.34312,calle
609,5546.17968,3765.68302,68.25079,muro	634,5620.17089,3704.58176,65.95004,muro
610,5560.34461,3751.78387,69.05097,muro	635,5625.88022,3694.36213,65.39688,muro
611,5560.90350,3752.50713,68.87910,calle	636,5623.94233,3693.33470,65.64268,calle
612,5564.63605,3756.19057,68.82146,calle	637,5619.37053,3690.13988,65.43434,calle
613,5569.70311,3741.67756,68.62743,muro	638,5616.68721,3688.97081,65.44921,muro
614,5570.42158,3742.61950,68.87965,calle	639,5621.94530,3678.18852,64.84237,muro
615,5575.16843,3747.28601,68.88133,calle	640,5624.60785,3679.35317,64.81453,calle
616,5588.03021,3734.63692,68.75056,calle	641,5629.63484,3681.62181,64.89393,calle
617,5584.25343,3730.00068,68.65719,calle	642,5630.89324,3681.80712,64.78854,muro
618,5582.55313,3728.11798,68.37131,muro	643,5635.57378,3670.24235,64.12260,muro
619,5593.82466,3718.94133,68.24855,muro	644,5634.10072,3670.08442,64.39973,calle
620,5593.91931,3721.41848,68.22130,calle	645,5629.39378,3668.00677,64.34901,calle
621,5597.76292,3725.53356,68.35529,calle	646,5626.46278,3666.40067,63.94024,muro
622,5605.62763,3717.83105,67.66461,calle	647,5629.37157,3664.46503,63.86165,caja puente
623,5601.81076,3713.68700,67.47934,calle	648,5631.15179,3663.66363,64.24088,calle
624,5600.02240,3712.59116,67.27179,muro	649,5630.38459,3661.33194,63.85730,caja puente

650,5635.69465,3667.87750,64.14319,caja puente	673,5651.76309,3600.61760,67.98164,calle
651,5635.55423,3666.12462,64.33453,calle	674,5657.73820,3602.66414,67.99328,calle
652,5636.74529,3665.40972,64.16568,caja puente	675,5660.60328,3603.68845,68.20597,muro
653,5639.75893,3657.33028,64.28996,muro	676,5667.18913,3588.32570,68.05280,muro
654,5638.80386,3656.99930,64.32775,calle	677,5664.28304,3586.74090,67.91790,calle
655,5634.15994,3654.91012,64.30218,calle	678,5658.85430,3584.43322,67.87500,calle
656,5631.30364,3653.77756,64.04153,muro	679,5656.53654,3582.95857,67.36813,muro
657,5634.71998,3642.32532,64.58488,muro	680,5661.69666,3571.10471,66.98446,muro
658,5637.63970,3642.84416,64.74247,calle	681,5663.83999,3571.46037,67.42125,calle
659,5642.94047,3644.18703,64.83612,calle	682,5669.36815,3573.36181,67.60193,calle
660,5644.51069,3644.39428,64.78061,muro	683,5671.87244,3574.16737,67.65124,muro
661,5649.16205,3629.66579,66.18200,muro	684,5674.72447,3563.43121,67.36968,muro
662,5647.87975,3629.32973,66.04252,calle	685,5673.48329,3562.87016,67.42013,calle
663,5642.35310,3627.17037,66.08098,calle	686,5668.42566,3560.24382,67.19154,calle
664,5639.49224,3626.05624,66.06728,muro	687,5667.02632,3559.23838,66.93210,muro
665,5650.37725,3625.96650,66.43326,entrada camino	688,5672.45712,3546.36036,66.80543,muro
666,5651.24976,3623.02014,66.66273,entrada camino	689,5673.81288,3546.65532,67.01655,calle
667,5655.68632,3613.12827,68.17339,muro	690,5678.83414,3548.40354,67.18979,calle
668,5653.86957,3612.13526,67.54023,calle	691,5680.74953,3549.13074,67.54797,muro
669,5648.74052,3609.81395,67.61328,calle	692,5687.08607,3532.17137,67.42208,muro
670,5647.14579,3613.05567,67.34031,calle	693,5684.95616,3531.57880,66.79155,calle
671,5693.46028,3502.63791,66.84413,ref16	694,5680.05912,3529.34612,66.75516,calle
672,5649.06615,3599.80279,67.98062,muro	695,5678.82968,3528.88531,66.64873,muro
	696,5683.28118,3516.24023,66.59883,muro
	697,5684.75193,3516.34117,66.60887,calle

698,5689.31932,3517.56001,66.66366,calle	723,5710.44710,3439.01416,65.62438,muro
699,5691.50650,3518.01837,66.40052,muro	724,5714.78184,3424.57270,65.11599,muro
700,5691.25457,3512.91091,66.62941,caja puente	725,5713.05020,3423.77441,64.77018,calle
701,5691.61675,3511.65722,66.65300,caja puente	726,5708.57367,3421.76584,64.79057,calle
702,5686.29646,3509.82947,66.39178,caja puente	727,5707.59651,3421.28636,64.90125,muro
703,5685.88260,3510.99163,66.39783,caja puente	728,5712.85881,3404.36077,64.37335,muro
704,5686.73007,3504.56100,66.50123,muro	729,5713.88857,3404.78705,64.33005,calle
705,5687.83793,3504.74131,66.59709,calle	730,5718.60570,3406.24019,64.29528,calle
706,5692.52522,3506.24690,66.70618,calle	731,5719.92415,3407.15798,64.29497,muro
707,5694.40273,3506.80821,66.57157,muro	732,5723.60625,3391.29259,63.80486,calle
708,5697.86633,3491.90110,66.55021,muro	733,5719.06419,3389.32971,63.79047,calle
709,5696.32111,3491.78004,66.70127,calle	734,5718.05937,3388.91659,63.84839,muro
710,5691.18108,3490.35461,66.57077,calle	735,5724.10358,3372.27720,63.22325,muro
711,5690.38066,3490.16295,66.53265,muro	736,5725.35305,3372.93072,63.33549,calle
712,5694.32345,3469.55232,65.94468,muro	737,5728.12299,3363.82836,63.19166,muro
713,5695.86728,3469.77052,66.03460,calle	738,5732.53727,3356.52551,63.03558,ref17
714,5701.15509,3471.01247,66.06832,calle	739,5729.04881,3360.46102,63.21209,muro
715,5702.30619,3471.43278,66.09684,muro	740,5733.53360,3366.08501,63.14232,calle
716,5706.24726,3456.17940,65.60032,muro	741,5736.16791,3366.80032,63.66409,muro
717,5704.68104,3455.94401,65.53193,calle	742,5740.92874,3355.56465,63.31864,muro
718,5699.48112,3454.11523,65.53945,calle	743,5738.71346,3354.36379,62.89887,calle
719,5698.35987,3453.72969,65.56088,muro	744,5734.50917,3352.41476,62.91970,calle
720,5702.79853,3437.12797,65.10529,muro	745,5733.31930,3351.99101,62.91572,muro
721,5703.73667,3437.36987,65.15923,calle	746,5740.29821,3340.15904,62.56269,calle
722,5708.82524,3438.53044,65.13564,calle	747,5744.51667,3342.33206,62.57955,calle

748,5747.37956,3343.03852,62.73633,muro	773,5790.64193,3259.31078,57.70163,muro
749,5751.90007,3327.59705,62.02230,calle	774,5787.32049,3258.14018,57.32826,calle
750,5747.49557,3325.54982,62.02243,calle	775,5782.81684,3255.49069,57.31056,calle
751,5752.60116,3314.81127,61.56093,calle	776,5781.91165,3255.06269,57.34301,muro
752,5756.88910,3316.97978,61.56454,calle	777,5787.61306,3243.62200,56.55791,muro
753,5759.88852,3318.42781,61.93001,muro	778,5788.60333,3244.25674,56.51829,calle
754,5756.97057,3305.76331,61.13391,calle	779,5793.00247,3246.76207,56.55347,calle
755,5761.47324,3307.98098,61.10976,calle	780,5796.61999,3248.57671,57.21496,muro
756,5763.65692,3308.97806,61.23610,muro	781,5803.59077,3236.10370,56.26177,muro
757,5767.99969,3300.73853,60.73281,muro	782,5799.71465,3233.87626,55.65797,calle
758,5765.58313,3299.64465,60.65748,calle	783,5799.75100,3233.85792,55.65025,calle
759,5760.94661,3297.37729,60.63974,calle	784,5795.17983,3231.56638,55.64600,calle
760,5760.05907,3296.90130,60.71418,muro	785,5794.56416,3230.81190,55.64638,muro
761,5766.15559,3287.43483,59.96770,calle	786,5799.53315,3220.48580,54.84652,muro
762,5764.99881,3286.63668,60.12926,muro	787,5800.47469,3221.21331,54.95300,calle
763,5770.68549,3290.16393,59.98763,calle	788,5805.03237,3224.06522,55.05554,calle
764,5772.36862,3291.68433,60.18640,muro	789,5807.74254,3227.25324,55.66610,muro
765,5778.03109,3281.40909,59.67415,muro	790,5813.75494,3214.62262,55.05611,muro
766,5775.47131,3280.75886,59.25147,calle	791,5810.88461,3213.46989,54.22533,calle
767,5770.75022,3278.21491,59.21719,calle	792,5806.16974,3210.94409,54.16209,calle
768,5770.31023,3277.14999,59.16049,muro	793,5811.23807,3199.79164,53.16409,muro
769,5775.76842,3266.10705,58.16935,muro	794,5811.97021,3200.54734,53.23954,calle
770,5776.59404,3267.10314,58.18467,calle	795,5816.82801,3203.63567,53.35712,calle
771,5781.17904,3269.69088,58.31231,calle	796,5818.32577,3206.21948,54.28699,muro
772,5784.01977,3271.06021,58.66857,muro	797,5824.37717,3195.57248,53.28822,muro

798,5822.54145,3193.62362,52.45887,calle	823,5857.14357,3132.81959,45.97442,muro
799,5817.73745,3190.91220,52.38663,calle	824,5857.92523,3133.66866,46.35926,calle
800,5816.98161,3190.38481,52.19309,muro	825,5861.53507,3136.97450,46.49457,calle
801,5823.22048,3180.00755,51.43782,muro	826,5863.56236,3138.84468,47.91869,muro
802,5823.71435,3180.64382,51.52909,calle	827,5870.05941,3129.99815,46.55820,muro
803,5828.15770,3183.87844,51.59291,calle	828,5868.80173,3128.15579,45.38252,calle
804,5829.96964,3185.41635,52.80025,muro	829,5864.71638,3125.09411,45.34715,calle
805,5834.28005,3173.77836,50.60925,calle	830,5863.12581,3124.24144,44.79829,muro
806,5829.64647,3171.19805,50.74363,calle	831,5870.94254,3116.15606,43.93615,muro
807,5828.87846,3170.64862,50.61341,muro	832,5871.44057,3116.85389,44.16844,calle
808,5835.78234,3171.87382,50.50211,calle	833,5875.43972,3120.45277,44.16304,calle
809,5830.00705,3169.12084,50.55092,muro	834,5876.66840,3122.26005,45.31469,muro
810,5833.37112,3165.40833,50.28500,ref18	835,5884.39140,3113.53324,44.07384,muro
811,5843.56959,3165.88593,51.55474,muro	836,5882.28223,3111.74170,42.78886,calle
812,5840.68582,3164.04130,49.72871,calle	837,5878.50381,3108.45874,42.73895,calle
813,5836.56474,3161.14343,49.75431,calle	838,5877.73061,3108.03052,42.39906,muro
814,5835.58395,3160.41711,49.77739,muro	839,5886.58962,3098.51614,41.26287,muro
815,5843.45976,3150.57865,48.47129,muro	840,5887.26883,3099.31659,41.41398,calle
816,5844.16913,3151.47716,48.51792,calle	841,5890.59630,3102.81744,41.42130,calle
817,5847.56105,3154.86270,48.63598,calle	842,5893.10047,3104.32612,42.19941,muro
818,5850.01913,3156.58450,50.01112,muro	843,5899.69918,3096.59750,40.78696,muro
819,5857.66106,3146.97491,48.44033,muro	844,5898.23681,3095.23357,40.40076,calle
820,5855.00455,3145.37012,47.45063,calle	845,5895.33887,3091.68534,40.50111,calle
821,5851.14967,3142.44842,47.41772,calle	846,5894.50492,3090.73482,40.47616,muro
822,5850.47929,3141.78421,47.25800,muro	847,5904.51904,3082.44828,39.41307,muro

848,5904.58131,3083.83256,39.62240,calle	873,5989.16274,3041.05573,35.33334,calle
849,5911.81181,3078.10975,38.84909,ref19	874,5991.76610,3044.94361,35.44289,calle
850,5907.35824,3087.76264,39.46132,calle	875,5993.22364,3047.27997,35.77291,muro
851,5909.04129,3089.29152,39.60564,muro	876,6007.69577,3036.76931,36.54115,muro
852,5919.81868,3080.91409,38.54445,muro	877,6006.64527,3035.11169,35.93772,calle
853,5918.68135,3079.38517,38.35130,calle	878,6004.56878,3030.51117,36.21566,calle
854,5916.56222,3074.90344,38.46730,calle	879,6004.31617,3029.61906,36.35048,muro
855,5915.96043,3073.72934,38.43848,muro	880,6021.71651,3022.70677,37.32831,muro
856,5928.21798,3066.51894,37.51343,muro	881,6021.84973,3023.38587,37.16574,calle
857,5928.62125,3067.43204,37.54663,calle	882,6023.43498,3028.58548,37.02412,calle
858,5930.94145,3071.27397,37.40870,calle	883,6024.07783,3030.34854,37.51755,muro
859,5932.02944,3073.12804,37.46476,muro	884,6032.39169,3026.66836,37.51870,calle
860,5947.50068,3065.77053,36.95162,muro	885,6031.64548,3021.66925,37.62916,calle
861,5946.85078,3063.62546,36.57554,calle	886,6031.49953,3020.35330,37.79321,muro
862,5945.75314,3059.40804,36.60274,calle	887,6039.51118,3019.82030,38.12994,muro
863,5945.24748,3058.47591,36.62429,muro	888,6039.42860,3020.94260,37.91487,calle
864,5962.85274,3052.02660,35.78151,muro	889,6031.06459,3021.70508,37.70299,ref20
865,5963.60555,3053.63752,35.87212,calle	890,6040.04226,3026.46419,37.86789,calle
866,5965.07596,3057.95947,35.91302,calle	891,6040.36281,3028.55625,39.00219,muro
867,5965.82470,3059.08351,36.06646,muro	892,6053.80151,3028.06869,39.58208,muro
868,5982.32043,3053.14291,35.64506,muro	893,6053.59261,3025.72997,38.51556,calle
869,5981.57428,3051.36505,35.47694,calle	894,6053.50964,3020.43905,38.57801,calle
870,5980.06142,3047.01634,35.36752,calle	895,6053.34235,3019.29304,38.81877,muro
871,5978.88043,3045.26845,34.89546,muro	896,6064.95733,3019.62088,39.05161,caja puente
872,5988.07419,3039.75671,35.37830,muro	897,6067.01669,3019.53341,39.03510,caja puente

898,6067.86990,3025.42887,39.23137,calle	923,6145.09188,3020.53970,44.63904,calle
899,6068.03307,3026.89782,39.10210,caja puente	924,6145.45369,3024.35817,45.37421,muro
900,6069.87888,3026.77951,39.07673,caja puente	925,6158.26082,3022.50086,46.50947,muro
901,6068.02773,3028.56247,40.28056,muro	926,6158.44825,3018.39175,45.61321,calle
902,6081.12098,3027.75149,40.50566,muro	927,6170.40887,3016.06051,46.53071,calle
903,6080.99086,3024.79184,39.87308,calle	928,6171.42614,3019.80330,47.62606,muro
904,6080.88167,3020.24164,39.75871,calle	929,6181.14813,3013.23853,47.42303,ref21
905,6080.52000,3018.28470,39.84057,muro	930,6179.72912,3008.75403,47.24594,calle
906,6093.68333,3017.68771,40.67333,muro	931,6179.32893,3006.64061,47.57581,muro
907,6093.83818,3019.02060,40.61835,calle	932,6180.32236,3017.12544,48.26129,muro
908,6093.90723,3024.19739,40.76390,calle	933,6192.23011,3013.72627,49.73565,muro
909,6094.37821,3027.45555,41.68818,muro	934,6192.29247,3010.49110,48.08468,calle
910,6106.06202,3026.81570,42.75356,muro	935,6190.96704,3005.96560,48.11993,calle
911,6105.90153,3023.49010,41.68881,calle	936,6190.28140,3003.77534,48.53730,muro
912,6105.65078,3018.48621,41.50944,calle	937,6195.86656,3001.21289,49.00290,muro
913,6105.59674,3017.12543,41.59634,muro	938,6196.95928,3004.02972,48.59040,calle
914,6118.66466,3016.48060,42.95813,muro	939,6197.97643,3008.94063,48.44497,calle
915,6118.63420,3018.26899,42.64387,calle	940,6198.61950,3011.10907,49.89046,muro
916,6118.64116,3022.89975,42.76281,calle	941,6206.26379,3004.88697,49.08250,calle
917,6119.06891,3026.54435,43.60988,muro	942,6206.74824,3005.69602,48.74870,caja puente
918,6131.95309,3025.93184,43.83358,muro	943,6207.65359,3008.43029,49.67495,muro
919,6132.34209,3021.96803,43.82269,calle	944,6204.21957,3001.99741,48.93539,calle
920,6132.01930,3017.19269,43.63095,calle	945,6204.21639,3001.61164,48.73108,caja puente
921,6131.79859,3015.82972,43.71837,muro	946,6205.17701,3001.06036,48.80360,caja puente
922,6144.54366,3015.50301,44.47949,calle	947,6205.34634,3001.17633,49.04982,calle

948,6203.59001,2996.56705,49.05766,muro	973,6310.11187,2918.81783,56.33084,ref22
949,6207.62615,3005.06450,48.77391,caja puente	974,6221.95381,2982.03585,49.85292,muro
950,6207.27549,3004.35563,49.15647,calle	975,6232.21667,2972.93456,50.51877,muro
951,6209.53733,3007.22707,49.01345,muro	976,6241.81299,2966.13747,51.14758,calle
952,6217.34867,3001.14601,49.78434,muro	977,6240.98795,2965.04490,51.31309,muro
953,6215.25618,2998.38053,49.53382,calle	978,6253.15892,2954.36565,52.05158,muro
954,6212.41644,2995.11158,49.43409,calle	979,6254.26534,2954.96346,51.98472,calle
955,6209.66654,2992.26472,49.78994,muro	980,6267.89834,2942.98645,52.69680,calle
956,6221.00260,2983.54135,49.85959,muro	981,6267.04913,2941.87704,52.82813,muro
957,6222.30296,2984.65662,49.79337,calle	982,6277.10358,2933.93283,53.45895,muro
958,6225.74979,2987.94423,49.98257,calle	983,6278.29399,2934.74208,53.47823,calle
959,6228.87040,2991.18216,50.68516,muro	984,6292.20166,2925.24339,54.60963,calle
960,6238.54978,2978.08533,51.05689,muro	985,6291.50834,2924.11350,54.74545,muro
961,6237.31546,2976.64762,50.78703,calle	986,6300.79545,2920.34136,55.52581,muro
962,6234.03537,2973.75848,50.67179,calle	987,6301.31348,2921.17125,55.46327,calle
963,6251.10339,2968.56563,52.11586,muro	988,6303.07164,2926.36006,55.30711,calle
964,6249.04901,2966.32653,51.59131,calle	989,6304.25085,2929.15897,56.83832,muro
965,6261.83000,2959.90692,52.74913,muro	990,6316.18943,2927.27799,57.81008,muro
966,6259.40186,2957.40445,52.29852,calle	991,6315.98422,2924.12581,56.92159,calle
967,6273.74367,2949.61680,53.33604,muro	992,6316.04175,2918.34834,56.69186,calle
968,6271.49323,2947.11815,52.91154,calle	993,6315.67646,2917.20353,56.93195,muro
969,6287.57725,2938.76387,54.35967,muro	994,6327.12445,2916.13753,57.80442,muro
970,6285.41462,2935.90595,53.77866,calle	995,6327.18897,2917.24861,57.80217,calle
971,6296.93073,2931.31674,55.90997,muro	996,6327.89399,2922.58193,58.02396,calle
972,6295.93093,2929.45933,54.68862,calle	997,6328.20423,2925.47133,58.74123,muro

998,6342.69413,2923.85962,59.79955,muro	1021,6405.29829,2884.85029,58.57755,muro
999,6342.45140,2921.52012,59.08161,calle	1022,6406.00862,2885.77041,58.45322,calle
1000,6342.38235,2915.93819,58.81082,calle	1023,6409.19752,2889.59252,58.63095,calle
1001,6342.44101,2914.99213,58.90825,muro	1024,6410.52144,2891.10055,59.13172,muro
1002,6355.46293,2913.46958,59.23442,calle	1025,6431.62502,2874.15719,59.25221,muro
1003,6356.69767,2918.98670,59.67888,calle	1026,6430.51543,2872.44651,58.74963,calle
1004,6357.57685,2921.52278,59.98756,muro	1027,6428.15959,2868.40077,58.74210,calle
1005,6363.79503,2920.69362,60.60921,muro	1028,6427.36946,2867.39916,58.81291,muro
1006,6362.47130,2917.44299,59.76694,calle	1029,6445.59858,2852.69583,59.67793,muro
1007,6367.47118,2915.75014,59.81330,ref23	1030,6446.28235,2853.24043,59.74256,calle
1008,6306.08059,2918.45136,55.91080,entrada camino	1031,6449.40770,2857.35254,59.79165,calle
1009,6310.55678,2917.93067,56.24949,entrada camino	1032,6450.29937,2858.45337,59.82705,muro
1010,6352.38877,2912.92149,59.32133,muro	1033,6465.59558,2845.22684,61.74936,calle
1011,6361.59648,2910.42633,59.46994,muro	1034,6462.32061,2840.85612,61.38662,calle
1012,6361.98296,2911.52689,59.34205,calle	1035,6469.24127,2842.03051,62.21369,calle
1013,6373.10524,2906.34253,59.41906,muro	1036,6466.52832,2837.20804,61.87433,calle
1014,6373.54600,2907.05557,59.24231,calle	1037,6477.44716,2831.50526,62.86800,ref24
1015,6376.92822,2911.87821,59.64441,calle	1038,6464.84552,2836.03124,61.75608,muro
1016,6377.93734,2913.62721,60.04078,muro	1039,6471.95654,2843.52310,62.93101,muro
1017,6392.66046,2904.78461,59.50534,muro	1040,6478.49446,2837.74132,63.22954,muro
1018,6391.39799,2903.07935,59.15205,calle	1041,6475.00847,2835.28342,62.76149,calle
1019,6388.88328,2898.21791,58.82259,calle	1042,6470.55092,2831.72705,62.26543,calle
1020,6388.05012,2896.92472,58.87276,muro	1043,6469.79546,2830.90972,62.38570,muro
	1044,6472.68067,2824.77826,62.17354,muro
	1045,6473.85226,2825.27540,62.27985,calle

1046,6479.38583,2826.65823,62.71840,calle  
1047,6482.88187,2827.26362,63.17415,muro  
1048,6481.10687,2820.30747,62.25552,calle  
conexion  
1049,6475.75451,2818.71703,61.95832,calle  
conexion  
1050,6474.44336,2818.30198,62.00292,muro  
conexion  
1051,6475.15573,2809.48387,61.48524,muro  
conexion  
1052,6476.84263,2809.58283,61.34025,calle  
conexion  
1053,6482.59899,2810.02302,61.31615,calle  
conexion  
1054,6484.94240,2809.90277,61.54479,muro  
conexion  
1055,6486.30682,2800.34121,60.41915,muro  
conexion  
1056,6484.64904,2800.08941,60.34647,calle  
conexion  
1057,6479.49250,2798.12816,60.28856,calle  
conexion  
1058,6476.93704,2797.12004,60.48295,muro  
conexion  
1059,6480.67057,2787.01711,59.52567,muro  
conexion  
1060,6483.28959,2788.30678,59.12779,calle  
conexion

1061,6488.45099,2790.80063,59.06942,calle  
conexión

TERCER LEVANTAMIENTO

1,5100.00000,5000.00000,100.00000,  
2,5017.26740,5023.05160,98.05314,b.n.roca  
3,5005.26819,5009.35320,99.01980,muro  
4,5003.16350,5010.04441,99.08182,calle  
5,4998.07786,5007.15373,99.56688,calle  
6,4994.80139,5005.68604,99.83761,muro  
7,4989.99152,5016.24087,98.88889,muro  
8,4992.72903,5017.70262,98.61162,calle  
9,4997.06724,5020.36627,98.49371,calle  
10,4998.95068,5021.31503,98.55733,muro  
11,4993.52818,5033.99463,97.36268,muro  
12,4990.88263,5032.33340,97.33376,calle  
13,4986.14163,5029.62465,97.27355,calle  
14,4984.78653,5028.59581,97.46672,muro  
15,4983.51601,5033.70669,96.68162,calle  
16,4987.75139,5036.72329,96.81595,calle  
17,4989.87151,5038.69798,97.02593,muro  
18,4985.91779,5043.93961,96.21831,muro  
19,4983.14254,5041.53991,96.06826,calle  
20,4983.80660,5045.60070,96.05014,muro  
21,4983.04485,5043.55435,95.91834,ref1  
22,4979.03516,5035.47901,96.33928,muro

23,4973.29551,5041.12529,95.37601,muro	48,4930.88094,5076.29037,87.99005,calle
24,4974.60381,5042.53844,95.15454,calle	49,4933.29907,5080.15464,87.83447,calle
25,4977.37575,5046.55584,95.11897,calle	50,4934.56700,5082.31402,88.41527,muro
26,4978.72638,5048.65954,95.73346,muro	51,4927.63561,5087.73575,87.34200,muro
27,4971.98635,5053.87145,94.78805,muro	52,4926.32750,5085.55784,86.77749,calle
28,4970.51464,5051.89541,94.05067,calle	53,4923.71442,5081.94748,86.80985,calle
29,4967.45284,5048.15299,93.97126,calle	54,4922.72769,5080.66331,87.06288,muro
30,4966.29769,5046.95169,94.29383,muro	55,4916.29399,5085.57403,85.92102,muro
31,4959.48331,5051.90016,93.08900,muro	56,4917.20233,5086.74211,85.74953,calle
32,4960.43622,5053.30200,92.83673,calle	57,4920.00519,5090.55924,85.75336,calle
33,4963.17506,5057.54904,92.84778,calle	58,4921.45570,5092.50566,86.40553,muro
34,4963.99621,5059.61545,93.48563,muro	59,4914.83004,5097.78820,85.35500,muro
35,4956.87396,5065.15238,92.15043,muro	60,4913.32310,5095.70801,84.70501,calle
36,4955.36458,5063.01176,91.64697,calle	61,4910.60762,5092.42904,84.71867,calle
37,4952.61615,5059.23780,91.59894,calle	62,4909.53721,5091.23214,84.81453,muro
38,4951.21730,5058.11822,91.56733,muro	63,4903.05739,5096.66150,83.91735,muro
39,4943.25747,5064.08342,90.22280,muro	64,4904.22065,5097.77596,83.70282,calle
40,4944.49271,5065.55496,90.24293,calle	65,4906.48797,5100.90399,83.61539,calle
41,4947.19575,5069.69693,90.18419,calle	66,4907.98461,5102.95440,84.38111,muro
42,4948.30071,5071.74594,90.81469,muro	67,4901.01650,5108.45049,83.19941,muro
43,4941.38007,5076.48747,89.57594,muro	68,4899.65807,5106.58987,82.52161,calle
44,4940.17920,5074.67157,88.99774,calle	69,4896.97980,5103.62423,82.53427,calle
45,4937.25037,5071.05292,89.01105,calle	70,4895.60297,5102.14666,82.69985,muro
46,4936.13836,5069.58261,89.23820,muro	71,4890.21814,5106.38712,81.70843,muro
47,4929.63899,5074.90019,87.98712,muro	72,4891.40265,5107.87308,81.66848,calle

73,4893.49968,5111.36933,81.61290,calle  
74,4894.87919,5113.21168,82.30943,muro  
75,4888.23413,5118.49177,81.55562,muro  
76,4887.01350,5116.21980,80.59669,calle  
77,4884.49549,5113.22298,80.55463,calle  
78,4883.70875,5111.58750,80.84041,muro  
79,4875.72498,5117.62045,79.56025,muro  
80,4876.89261,5118.89174,79.19866,calle  
81,4878.99866,5122.48902,79.17660,calle  
82,4880.36015,5124.88025,79.89719,muro

CUARTO LEVANTAMIENTO

1,1632985.2011,373485.7251,178.6230,puente  
2,1632987.3954,373489.3515,178.7187,puente  
3,1633076.0054,373435.1288,191.1182,puente  
4,1633073.7684,373431.7081,190.9409,puente  
5,1633085.9568,373428.9701,193.3267,calle  
6,1633083.0494,373425.5524,193.0085,calle  
7,1633088.6951,373431.9826,193.4370,cerco  
8,1633081.4060,373423.1244,192.5929,cerco  
9,1633094.0842,373422.8286,195.4683,calle  
10,1633090.1963,373419.1290,195.0988,calle  
11,1633096.0985,373424.6168,195.6752,cerco  
12,1633088.2910,373417.0402,194.6808,cerco  
13,1633104.1794,373411.9523,198.7617,calle

14,1633099.8836,373408.6509,198.3565,calle  
15,1633106.0275,373414.2650,198.9607,cerco  
16,1633095.3869,373404.3244,196.5567,cerco  
17,1633112.9309,373402.4643,201.8789,calle  
18,1633107.4163,373398.6755,201.4676,calle  
19,1633114.7816,373404.2717,202.0733,cerco  
20,1633105.3433,373395.8016,201.0133,cerco  
21,1633121.2124,373393.1641,205.6739,calle  
22,1633115.1291,373388.5684,205.1447,calle  
23,1633122.7052,373394.2362,205.8433,cerco  
24,1633113.5125,373386.0764,205.2193,cerco  
25,1633129.3631,373384.9060,209.6690,calle  
26,1633124.3380,373379.6372,209.5385,calle  
27,1633122.1052,373377.4217,209.3104,cerco  
28,1633141.0149,373371.1019,215.2789,ref2  
29,1633247.6417,373423.1478,244.2039,calle  
30,1633246.4109,373425.9700,243.8443,cerco  
31,1633251.1077,373419.6367,244.7621,calle  
32,1633253.0823,373417.6716,244.7007,cerco  
33,1633266.8605,373425.8012,247.8279,cerco  
34,1633265.7917,373428.2716,247.9191,calle  
35,1633263.5103,373432.7272,247.5997,calle  
36,1633262.4778,373434.8694,247.2438,cerco  
37,1633275.0071,373440.4966,249.6654,cerco  
38,1633275.5583,373438.1660,250.0197,calle

39,1633277.6991,373433.3163,250.3205,calle  
40,1633278.7991,373430.8990,250.0998,cerco  
41,1633292.5027,373436.0012,252.5670,cerco  
42,1633291.4732,373438.2127,252.7748,calle  
43,1633290.0704,373442.8710,252.6674,calle  
44,1633289.3975,373445.5282,252.1823,cerco  
45,1633304.2648,373448.3738,255.0502,cerco  
46,1633304.8105,373446.6752,255.3090,calle  
47,1633306.0185,373442.3678,255.5663,calle  
48,1633306.5385,373440.4816,255.4156,cerco  
49,1633318.9837,373444.8879,257.8784,cerco  
50,1633318.3821,373445.8464,257.9128,calle  
51,1633316.8852,373450.3012,257.5428,calle  
52,1633316.5983,373452.6861,257.5804,cerco  
53,1633330.2628,373457.8691,259.7940,cerco  
54,1633331.0386,373455.0530,260.2752,calle  
55,1633333.1463,373450.9581,260.7516,calle  
56,1633352.1361,373463.3970,264.4500,calle  
57,1633350.9902,373466.2265,264.3658,cerco  
58,1633354.1041,373458.8780,264.8779,calle  
59,1633371.7059,373471.4271,268.6617,calle  
60,1633371.0264,373473.8181,268.1452,cerco  
61,1633374.0195,373467.2904,269.1222,calle  
62,1633374.6242,373466.0667,269.3114,cerco  
63,1633385.8478,373480.3104,271.8198,cerco  
64,1633386.6605,373477.7490,272.3696,calle  
65,1633388.6605,373473.4792,272.7137,calle  
66,1633389.0521,373472.3970,272.8414,cerco  
67,1633404.9779,373479.2834,276.9963,cerco  
68,1633404.3225,373480.6529,276.9022,calle  
69,1633402.5675,373484.8304,276.5639,calle  
70,1633401.5277,373487.5070,276.3248,cerco  
71,1633412.8844,373490.6810,279.2978,cerco  
72,1633413.3988,373489.1406,279.6616,calle  
73,1633415.1043,373485.3027,280.0108,calle  
74,1633427.9205,373494.8608,283.8202,calle  
75,1633427.5420,373496.5601,283.5212,cerco  
76,1633430.0616,373491.3635,284.3692,calle  
77,1633443.3223,373503.4624,287.8944,cerco  
78,1633444.2233,373501.6945,288.2342,calle  
79,1633446.2145,373498.5017,288.7104,calle  
80,1633466.2597,373506.1904,292.9775,calle  
81,1633464.3946,373510.2858,292.6097,calle  
82,1633463.6673,373511.8146,292.2168,cerco  
83,1633488.8984,373521.1124,296.9870,ref4  
84,1633625.0212,373587.1553,322.3520,cerco  
85,1633626.2440,373585.4380,322.5154,calle  
86,1633633.7212,373592.3082,324.1971,calle  
87,1633631.7493,373594.4051,324.6596,cerco  
88,1633638.1888,373589.8469,325.2125,calle

89,1633639.4693,373588.3480,325.4282,cerco  
90,1633498.1369,373519.1818,298.6196,calle  
91,1633499.3643,373516.8061,298.5429,cerco  
92,1633496.1148,373524.1754,298.2552,calle  
93,1633495.3517,373528.1268,298.0543,cerco  
94,1633505.5156,373533.6655,299.5883,cerco  
95,1633506.8636,373529.2422,299.9983,calle  
96,1633509.0993,373523.8037,300.5030,calle  
97,1633509.9503,373521.1158,300.2674,cerco  
98,1633522.6027,373526.5569,302.5474,cerco  
99,1633521.3913,373528.8112,302.6722,calle  
100,1633519.4386,373533.9250,302.3653,calle  
101,1633518.4609,373538.9265,301.3653,cerco  
102,1633531.7961,373544.4569,304.4267,cerco  
103,1633533.7745,373540.0314,305.0263,calle  
104,1633535.8137,373535.0312,305.3557,calle  
105,1633536.8905,373532.2795,305.1951,cerco  
106,1633549.6304,373536.9549,307.5823,cerco  
107,1633548.0622,373539.8609,307.7879,calle  
108,1633545.8116,373544.7087,307.3385,calle  
109,1633544.0389,373547.7296,307.0858,cerco  
110,1633556.3981,373553.1869,309.3616,cerco  
111,1633558.0270,373549.7559,309.7129,calle  
112,1633560.0988,373545.2492,310.1704,calle  
113,1633561.5813,373541.7932,310.0142,  
114,1633572.6913,373547.0383,312.2875,cerco  
115,1633571.3110,373549.8731,312.2063,calle  
116,1633569.3704,373554.7814,311.7126,calle  
117,1633568.8904,373558.5250,311.6807,cerco  
118,1633580.2694,373563.4048,313.8354,cerco  
119,1633581.3363,373560.2680,313.8926,calle  
120,1633583.3335,373555.9597,314.4020,calle  
121,1633584.7147,373553.1606,314.6088,cerco  
122,1633596.9528,373562.5656,316.8526,calle  
123,1633597.7307,373561.0217,316.9900,cerco  
124,1633569.4319,373544.9621,311.5608,entrada  
125,1633559.1817,373541.0862,309.5755,entrada  
126,1633601.2559,373562.9372,317.6400,cerco  
127,1633600.2308,373564.5039,317.4208,calle  
128,1633597.5962,373568.6527,316.8705,calle  
129,1633596.9802,373571.3171,316.5729,cerco  
130,1633607.5862,373576.4675,318.6831,cerco  
131,1633608.0196,373575.2862,318.9164,calle  
132,1633610.8208,373571.7389,319.6946,calle  
133,1633612.1152,373569.5731,319.8680,cerco  
134,1633622.6529,373577.5183,322.3521,cerco  
135,1633621.6800,373579.2296,322.0616,calle  
136,1633642.4108,373591.4746,326.1437,ref5  
137,1633642.2079,373608.4628,327.0007,cerco  
138,1633645.1659,373606.4669,326.9007,calle

139,1633649.0237,373603.9774,327.6011,calle  
140,1633651.5220,373602.4927,327.9455,cerco  
141,1633658.6125,373616.8049,329.5074,cerco  
142,1633657.0089,373617.9560,329.3953,calle  
143,1633653.1101,373620.1449,328.8241,calle  
144,1633649.6391,373622.1200,328.6250,cerco  
145,1633657.0595,373638.3819,330.7433,cerco  
146,1633660.3843,373637.4443,331.0653,calle  
147,1633665.3687,373635.3151,331.8288,calle  
148,1633667.2441,373634.6399,332.1042,cerco  
149,1633674.1433,373650.4030,334.4563,cerco  
150,1633672.1932,373651.0821,334.2165,calle  
151,1633666.9261,373653.0290,333.5446,calle  
152,1633664.1848,373654.3011,333.4024,cerco  
153,1633669.8283,373668.2499,335.7248,cerco  
154,1633672.4938,373667.0747,335.6751,calle  
155,1633677.7305,373665.1968,336.3397,calle  
156,1633679.3251,373664.6985,336.4316,cerco  
157,1633685.4069,373677.5149,338.8720,cerco  
158,1633683.0531,373678.3973,338.2964,calle  
159,1633677.6428,373680.3240,337.6320,calle  
160,1633674.1477,373681.9601,337.7328,cerco  
161,1633683.8333,373702.8018,340.1142,cerco  
162,1633686.4578,373701.4203,340.3007,calle  
163,1633691.8282,373700.0944,341.1259,calle  
164,1633693.9714,373698.7848,341.9250,cerco  
165,1633700.6124,373713.3697,343.6679,cerco  
166,1633697.4247,373714.1529,342.7494,calle  
167,1633692.2161,373716.2414,342.1309,calle  
168,1633690.2030,373717.1990,342.1789,cerco  
169,1633695.5235,373730.3838,343.5326,cerco  
170,1633697.3329,373729.3727,343.6003,calle  
171,1633702.1983,373727.5853,344.1026,calle  
172,1633703.4528,373727.3846,344.9614,cerco  
173,1633701.1920,373744.3052,344.7498,cerco  
174,1633702.9814,373743.5223,344.9984,calle  
175,1633707.9864,373742.2524,345.5365,calle  
176,1633709.1529,373741.9948,345.7245,cerco  
177,1633707.9967,373756.5428,346.1110,calle  
178,1633712.8076,373754.6585,346.7106,calle  
179,1633714.0289,373754.2435,347.0816,cerco  
180,1633719.1013,373766.9893,348.3940,cerco  
181,1633717.3775,373767.5768,347.8162,calle  
182,1633713.2875,373769.3815,347.3209,calle  
183,1633713.7880,373771.7200,347.4230,ref6  
184,1633097.1492,373421.5326,196.1787,ref1  
185,1633131.6392,373388.0873,209.9833,cerco  
186,1633141.9308,373380.2913,214.5189,calle  
187,1633142.7380,373386.4540,214.5405,cerco  
188,1633138.7270,373372.0500,214.6851,calle

189,1633138.4952,373369.6385,214.6149,cerco  
190,1633150.8175,373372.4916,218.2077,calle  
191,1633151.2696,373371.2300,218.4221,cerco  
192,1633149.7618,373379.6721,217.4852,calle  
193,1633148.7575,373385.6540,217.8916,cerco  
194,1633161.3610,373382.7921,221.2066,calle  
195,1633160.7018,373386.5210,220.7386,cerco  
196,1633163.1623,373377.4845,221.5008,calle  
197,1633164.1718,373375.4723,220.7960,cerco  
198,1633173.5737,373381.5922,224.5773,calle  
199,1633174.5033,373379.4807,223.8341,cerco  
200,1633171.1340,373386.3362,224.1918,calle  
201,1633170.4758,373389.0524,224.4676,cerco  
202,1633182.3007,373391.2051,227.5808,calle  
203,1633181.8069,373393.5630,228.0621,cerco  
204,1633184.5720,373386.0708,228.0854,calle  
205,1633185.2013,373384.4097,228.3362,cerco  
206,1633199.7415,373393.0350,232.4441,calle  
207,1633200.9538,373390.6702,233.1258,cerco  
208,1633198.1289,373396.8271,232.1125,calle  
209,1633197.7154,373398.6898,232.2441,cerco  
210,1633213.0009,373403.1874,235.8406,calle  
211,1633211.9518,373405.1989,235.8809,cerco  
212,1633214.5821,373399.0074,236.1882,calle  
213,1633215.7943,373395.8905,237.1256,cerco  
214,1633224.4298,373408.8699,238.6661,calle  
215,1633223.7426,373410.6228,238.5066,cerco  
216,1633227.1490,373404.9107,239.1561,calle  
217,1633186.0813,373460.1676,257.4446,cerco  
218,1633237.4430,373410.8380,241.6627,calle  
219,1633239.3794,373408.2097,242.3769,cerco  
220,1633235.4074,373414.6195,241.3411,ref3  
221,1633814.0770,373863.7590,360.8460,Base  
222,1633782.1880,373915.5400,347.7500,cerco  
223,1633779.0340,373916.9290,345.8830,calle  
224,1633777.5600,373917.4630,346.0710,calle  
225,1633773.0740,373919.2170,346.0330,calle  
226,1633768.4300,373920.9250,347.1810,cerco  
227,1633777.3330,373940.8470,344.8260,cerco  
228,1633781.3530,373939.7450,344.7930,calle  
229,1633785.3900,373938.2760,344.7820,calle  
230,1633789.5430,373936.5410,345.5310,cerco  
231,1633797.4500,373957.8670,343.3400,cerco  
232,1633793.8420,373959.5870,343.5860,calle  
233,1633789.5240,373961.2880,343.3770,calle  
234,1633785.4680,373962.4060,342.4980,cerco  
235,1633790.9470,373982.2800,341.8620,cerco  
236,1633795.9200,373981.5560,342.7600,calle  
237,1633800.6070,373980.6470,343.1220,calle  
238,1633804.8100,373979.8250,342.3790,cerco

239,1633807.5540,374002.0230,342.8720,cerco  
240,1633803.2630,374001.9270,343.1710,calle  
241,1633797.7090,374001.5120,342.6070,calle  
242,1633794.1770,374001.3220,342.8910,cerco  
243,1633790.6210,374019.3600,342.7130,cerco  
244,1633792.7460,374021.3210,342.0320,calle  
245,1633797.1470,374023.8980,342.6930,calle  
246,1633800.7660,374026.2680,343.6900,cerco  
247,1633782.6020,374041.4850,341.6700,cerco  
248,1633780.9630,374039.3390,341.7030,calle  
249,1633778.0150,374035.3180,341.5400,calle  
250,1633776.7410,374033.8440,341.5600,cerco  
251,1633760.2330,374043.7900,340.9370,cerco  
252,1633761.1630,374045.3890,341.3930,calle  
253,1633763.9650,374049.6220,341.6160,calle  
254,1633764.8300,374052.4550,341.8980,cerco  
255,1633741.9660,374065.6890,343.0380,cerco  
256,1633740.4050,374062.5180,342.0530,cerco  
257,1633737.9320,374057.9480,341.8530,calle  
258,1633735.2580,374053.6290,341.4110,cerco  
259,1633713.9020,374064.1800,341.5450,cerco  
260,1633715.4530,374068.5450,342.1450,calle  
261,1633718.0300,374073.7260,342.2780,calle  
262,1633718.7660,374076.2370,343.0720,calle  
263,1633697.6550,374085.0940,342.9720,calle  
264,1633696.6080,374082.8130,342.5750,calle  
265,1633694.5100,374078.3030,342.3970,calle  
266,1633692.9790,374074.7480,341.5920,cerco  
267,1633673.1940,374082.4790,342.1780,cerco  
268,1633674.5190,374085.8090,342.6740,calle  
269,1633676.6250,374091.1600,342.9640,calle  
270,1633677.4120,374093.2870,342.9050,cerco  
271,1633657.9530,374100.9600,343.7900,cerco  
272,1633658.8340,374097.2380,343.4800,calle  
273,1633656.6640,374092.6100,343.4650,calle  
274,1633654.7110,374087.0720,343.1260,cerco  
275,1633625.2820,374121.0120,347.0210,calle  
276,1633630.0460,374120.1800,347.2390,calle  
277,1633637.3690,374119.1550,346.6860,calle  
278,1633652.7560,374128.1180,348.6290,calle  
279,1633654.5090,374133.3400,349.0140,calle  
280,1633670.2530,374129.7180,350.4890,calle  
281,1633677.2100,374128.5670,351.3740,calle  
282,1633686.1850,374126.5410,352.5650,calle  
283,1633695.3800,374124.3050,353.8800,calle  
284,1633695.8350,374118.1710,353.9400,calle  
285,1633712.8560,374117.0870,356.2400,calle  
286,1633714.1710,374119.3020,356.4050,calle  
287,1633715.5400,374121.5880,356.4360,calle  
288,1633727.2920,374118.4570,357.6580,calle

289,1633727.6970,374114.6000,357.7940,calle  
290,1633740.3320,374112.7540,358.7350,calle  
291,1633742.9130,374115.9260,358.9700,calle  
292,1633754.2780,374110.9470,359.6530,calle  
293,1633755.9170,374114.1380,359.7090,calle  
294,1633767.8900,374113.5710,360.1360,calle  
295,1633769.7590,374110.3620,360.4950,calle  
296,1633770.4910,374108.6270,360.2460,calle  
297,1633783.2780,374113.1710,361.1280,calle  
298,1633783.2080,374113.6920,361.2380,calle  
299,1633782.2380,374117.5780,361.1160,calle  
300,1633782.3410,374117.5760,361.1120,calle  
301,1633799.8050,374126.7860,363.1820,calle  
302,1633802.2270,374122.6460,363.0810,calle  
303,1633802.6410,374121.1730,362.9630,calle  
304,1633822.4010,374129.1320,366.1410,calle  
305,1633822.5330,374133.8050,366.5520,calle  
306,1633823.0130,374135.7260,366.3100,calle  
307,1633831.9820,374133.9990,367.6280,calle  
308,1633832.1680,374129.8180,367.5770,calle  
309,1633843.6420,374130.7620,369.4460,calle  
310,1633843.0510,374135.4550,369.2230,calle  
311,1633848.7810,374138.0850,370.4090,calle  
312,1633851.8230,374135.1910,370.7170,calle  
313,1633855.9700,374141.0030,371.7310,calle  
314,1633852.8270,374143.4790,371.6490,calle  
315,1633855.9070,374149.9310,373.0010,calle  
316,1633855.1800,374150.5270,372.7950,calle  
317,1633859.4320,374149.1920,373.0590,calle  
318,1633861.9980,374155.8620,374.1940,calle  
319,1633859.1040,374157.5350,374.2800,calle  
320,1633858.0980,374158.0330,374.0830,calle  
321,1633862.3790,374165.1950,375.4380,calle  
322,1633861.7210,374165.8390,375.3020,calle  
323,1633865.9130,374164.3690,375.5890,calle  
324,1633869.5480,374171.4100,376.5700,calle  
325,1633867.1990,374173.7800,376.7020,calle  
326,1633866.4300,374174.6460,376.5330,calle  
327,1633871.7950,374180.7640,377.7080,calle  
328,1633871.1650,374181.7130,377.5120,calle  
329,1633875.0050,374179.7600,377.7620,calle  
330,1633880.2790,374187.4920,378.9090,calle  
331,1633878.0460,374190.0040,378.9950,calle  
332,1633886.6440,374195.9820,380.2110,calle  
333,1633897.9660,374214.2130,383.1650,calle  
334,1633895.1330,374216.2530,383.1250,calle  
335,1633894.1520,374217.0530,382.8950,calle  
336,1633902.1100,374225.3170,384.9490,calle  
337,1633902.9550,374232.6050,386.0380,calle  
338,1633899.3220,374233.2900,385.8510,calle

339,1633898.6140,374233.6950,385.7400,calle  
340,1633898.7850,374242.4130,387.3680,calle  
341,1633897.8270,374242.6310,387.2470,calle  
342,1633902.3960,374243.5660,387.5720,calle  
343,1633900.3890,374251.9160,388.5990,calle  
344,1633896.6080,374251.3880,388.6090,calle  
345,1633895.6500,374251.1430,388.4060,calle  
346,1633888.1700,374269.9390,390.7040,calle  
347,1633888.9580,374275.2430,391.1050,calle  
348,1633883.5900,374276.9140,391.4900,calle  
349,1633882.4330,374276.2570,391.1710,calle  
350,1633884.3380,374281.8730,391.9110,calle  
351,1633878.8860,374283.9780,392.3180,calle  
352,1633877.7140,374283.3890,392.0820,calle  
353,1633873.4290,374291.5580,393.3450,calle  
354,1633872.6640,374291.2220,393.1460,calle  
355,1633868.8200,374298.0830,394.2310,calle  
356,1633871.3700,374300.5060,394.3520,calle  
357,1633865.5890,374308.6900,395.4540,calle  
358,1633862.9890,374307.1460,395.4840,calle  
359,1633859.9950,374311.0770,395.9610,calle  
360,1633858.7160,374318.1680,396.5410,calle  
361,1633855.8390,374316.8730,396.6080,calle  
362,1633854.7840,374316.3620,396.4370,calle  
363,1633847.0540,374329.3670,397.8700,calle  
364,1633849.6630,374331.6990,397.8530,calle  
365,1633845.0540,374338.4240,398.3450,calle  
366,1633841.8350,374336.7550,398.4300,calle  
367,1633840.8680,374336.2570,398.2390,calle  
368,1633835.0900,374346.4010,398.8570,calle  
369,1633834.0500,374345.9580,398.7360,calle  
370,1633837.9130,374348.8820,398.8150,calle  
371,1633830.9180,374360.1760,398.9980,calle  
372,1633827.1800,374359.1230,399.1090,calle  
373,1633826.0890,374358.5790,398.9170,calle  
374,1633830.2750,374361.5610,399.0350,calle  
375,1633827.2290,374369.7240,399.0810,calle  
376,1633823.4290,374369.1590,399.3420,calle  
377,1633822.2000,374368.9360,399.2670,calle  
378,1633823.3510,374377.4880,399.4540,calle  
379,1633821.9780,374377.7530,399.3390,calle  
380,1633826.7440,374378.3350,399.2480,calle  
381,1633828.3350,374386.8730,399.5930,calle  
382,1633825.4630,374388.2080,399.7000,calle  
383,1633828.7690,374395.8160,400.2290,calle  
384,1633831.9610,374394.7680,400.0860,calle  
385,1633836.2730,374401.1940,400.8010,calle  
386,1633833.8950,374403.6500,400.9850,calle  
387,1633839.9530,374410.7880,402.1240,calle  
388,1633843.2040,374408.1800,402.0680,calle

389,1633850.3100,374414.0020,403.6200,calle  
390,1633848.2960,374417.4410,403.6980,calle  
391,1633857.1570,374422.8070,405.5490,calle  
392,1633859.5310,374419.9140,405.6920,calle  
393,1633868.8100,374425.0500,407.7070,calle  
394,1633867.4030,374428.2210,407.7170,calle  
395,1633876.7720,374433.2140,409.8070,calle  
396,1633878.9840,374430.6120,409.9700,calle  
397,1633887.1940,374435.5010,411.7450,calle  
398,1633885.5190,374438.4350,411.6620,calle  
399,1633893.8370,374444.0960,413.2720,calle  
400,1633896.2760,374441.3890,413.4560,calle  
401,1633905.4770,374453.6170,415.5150,calle  
402,1633916.6330,374462.9460,417.7000,calle  
403,1633927.0660,374471.4230,419.5920,calle  
404,1633936.5670,374478.8320,421.2490,calle  
405,1633946.2520,374486.3710,422.8410,calle  
406,1633945.8340,374487.0420,422.5540,calle  
407,1633949.2170,374484.6520,422.9750,calle  
408,1633949.2110,374484.6640,422.9860,calle  
409,1634060.1880,374582.6310,438.7760,base  
410,1633713.7880,373771.7200,347.4230,saul6  
411,1633642.3470,373591.3130,327.1390,saul5  
414,1633713.9450,373770.9940,347.3620,calle  
415,1633717.9010,373769.7480,347.4210,calle  
416,1633723.6170,373783.9220,348.2770,calle  
417,1633719.9870,373785.5200,348.2610,calle  
418,1633725.6580,373799.4720,348.9650,calle  
419,1633729.3520,373798.4260,348.9460,calle  
420,1633735.0820,373812.8170,349.5100,calle  
421,1633731.2110,373814.5760,349.4500,calle  
422,1633736.4460,373828.5430,349.6140,calle  
423,1633741.3060,373827.2650,349.6920,calle  
424,1633746.6770,373841.4720,349.6790,calle  
425,1633742.7870,373843.5230,349.5970,calle  
426,1633748.5520,373856.9590,349.2050,calle  
427,1633752.8300,373855.9310,349.2430,calle  
428,1633759.4660,373873.0560,348.4450,calle  
429,1633755.8290,373874.3470,348.4270,calle  
430,1633754.8100,373874.8260,348.2300,calle  
431,1633761.1150,373887.8420,347.6690,calle  
432,1633760.3690,373888.2110,347.5700,calle  
433,1633764.9210,373886.0950,347.7870,calle  
434,1633770.0830,373899.0770,347.0930,calle  
435,1633766.1230,373900.5640,347.0100,calle  
436,1633765.2510,373900.8720,346.8980,calle  
437,1633771.7210,373915.3940,346.2520,calle  
438,1633770.9800,373915.8110,346.1430,calle  
439,1633775.9810,373913.7330,346.2470,calle  
440,1633776.8720,373913.3080,345.9120,calle

## ANEXO 1. NORMA ASTM C 136

### a) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

#### 1. Objeto

Determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada.

Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

La determinación exacta de materiales que pasan el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) no puede lograrse mediante este ensayo. El método de ensayo que se debe emplear será: "Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200)", norma MTC E202.

#### 2. APARATOS

Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.

Tamices. Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.

Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

#### 3. MUESTRA

Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. La muestra para el ensayo debe tener la masa seca aproximada y consistir en una fracción completa de la operación de cuarteo. No está permitido seleccionar la muestra a un peso exacto determinado.

Agregado fino. Las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300gr.

Agregado grueso. Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico.

Para mezclas de agregados gruesos y finos, la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y preparada de acuerdo con los numerales 3.2 y 3.3, respectivamente.

La cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se puede determinar por el método de ensayo MTC E202. (Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75  $\mu$ m (No. 200)).

#### 4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Séquese la muestra a una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$ ), hasta obtener peso constante.

También las muestras pueden secarse con las más altas temperaturas asociadas con el uso de planchas de calentamiento, sin que se afecten los resultados, pues se permiten escapes de vapores que no generan presiones suficientes para fracturar las partículas, ni temperaturas tan altas que causen rompimiento químico de los agregados.

#### 5. PROCEDIMIENTO

Selecciónese un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar. Colóquense los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura. Efectúese la operación de tamizado a mano o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

Limítense la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.

El peso retenido en tamices menores al de 4.75 mm (No. 4) cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 7 kg/m<sup>2</sup> de superficie tamizada.

Para tamices de 4.75 mm (No. 4) y mayores, el peso en kg/m<sup>2</sup> por superficie de tamizado no excederá el producto de 2.5 x abertura del tamiz (mm).

En ningún caso, el peso debe ser tan grande que cause deformación permanente en la malla del tamiz.

Continúese el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: tómese individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra

mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. Se considerará satisfactorio el tamizado para tamaños mayores al tamiz de 4.75 mm (No. 4), cuando el total de las partículas del material sobre la malla forme una sola capa. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado recomendado, utilídense tamices de 203 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia del tamizado.

En el caso de mezclas de agregados gruesos y finos, la porción de muestra más fina que el tamiz de 4.75 mm (No. 4) puede distribuirse entre dos o más grupos de tamices para prevenir sobrecarga de los tamices individuales.

Para partículas mayores de 75 mm (3"), el tamizado debe realizarse a mano, determinando la abertura del tamiz más pequeño por el que pasa la partícula.

Comiencese el ensayo con el tamiz más pequeño que va a ser usado. Rótense las partículas si es necesario, con el fin de determinar si ellas pasarán a través de dicho tamiz; sin embargo, no deberán forzarse las partículas para que pasen a través de éste. Cuando sea necesario determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se ensayará primero la muestra de acuerdo con la norma citada. Se añade el porcentaje de material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) determinado por el mencionado método, al porcentaje tamizado sobre este mismo tamiz, determinado en el resto de la muestra, cuando se ensaye en seco mediante el presente método.

Determinese el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el numeral 2.1.

El peso total del material después del tamizado debe ser comparado con el peso original de la muestra que se ensayó. Si la cantidad difiere en más del 0.3%, basado en el peso de la muestra original seca, el resultado no debe ser aceptado.

## 6. CÁLCULOS

Calcúlese el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido, o el porcentaje de las fracciones de varios tamaños, con una aproximación de 0.1%, con base en el peso total de la muestra inicial seca.

Si la muestra fue primero ensayada por el método MTC E202, inclúyase el peso del material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) por lavado en los cálculos de tamizado, y úsese el total del peso de la muestra seca previamente lavada en el método mencionado, como base para calcular todos los porcentajes.

Cuando sea requerido, calcular el módulo de finura como la suma de los porcentajes retenidos, acumulados para cada una de las siguientes mallas, dividiendo la suma por 100: 150  $\mu\text{m}$  (N.º 100), 300  $\mu\text{m}$  (N.º 50), 600  $\mu\text{m}$  (N.º 30), 1,18 mm (N.º 16), 2,36 mm (N.º 8), 4,75 mm (N.º 4), 9,5 mm (3/8"), 19,0 mm (3/4"), 37,5 mm (1 1/2"), y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

## ANEXO 2. ASTM D4318-5

### 1 Ámbito de aplicación \*

Estos métodos de ensayo son para la determinación del límite líquido, límite plástico, y el índice de plasticidad de los suelos tal como se define en la Sección 3 de la Terminología.

Dos métodos para la preparación de muestras de ensayo se proporcionan los siguientes: método preparación en húmedo, como se describe en 10.1. método de preparación en seco, como se describe en 10.2. El método que se utilice deberá ser especificado por la autoridad requirente. Si no se especifica ningún método, utilice el método de preparación húmeda.

Los límites líquido y plástico de muchos suelos que han permitido que se seque antes de la prueba pueden ser considerablemente distintos de los valores obtenidos en las muestras no sean secas. Si el límite líquido y plástico de los suelos se utilizan para correlacionar o estimar el comportamiento en la ingeniería de suelos en su estado húmedo natural, la muestra no se debe permitir que se seque antes de la prueba a menos que los datos sobre las muestras secas son especialmente deseados.

Dos métodos para la determinación del límite líquido se proporcionan de la siguiente manera: Método A, prueba multipunto como se describe en las secciones 11 y 12. Método B, prueba de un punto como se describe en las secciones 13 y 14. El método que se utilizará será el especificado por la autoridad requirente. Si no hay ningún método específico, utilice el método A.

El método de múltiples puntos para límite líquido es generalmente más exacto que el método de un punto. Se recomienda que el método multipunto se utiliza en los casos en que los resultados del examen pueden ser objeto de controversia, o cuando se requiere mayor precisión.

Dado que el método de un punto requiere que el operador juzgar si la muestra de ensayo es de aproximadamente en el límite líquido, no es especialmente recomendado para su uso por los operadores sin experiencia.

La correlación en la que los cálculos del método de un punto se basan no puede ser válida para ciertos suelos, tales como suelos orgánicos o suelos de un medio ambiente marino. Se recomienda encarecidamente que el límite líquido de estos suelos se determinó por el método de múltiples puntos.

La prueba de límite plástico se realiza en el material preparado para la prueba de límite líquido.

El límite líquido y límite plástico de los suelos (junto con el límite de contracción) se suelen denominar como de los límites de Atterberg. Estos límites se distinguen los límites de los estados de la coherencia de varios de los suelos de plástico.

La composición y concentración de sales solubles en el suelo afectan a los valores de los límites líquido y plástico, así como los valores de contenido de agua de los suelos (véase el método D 221 6). Especial consideración por lo tanto se debe dar a los suelos de un medio marino o de otras fuentes donde las altas de sales solubles concentraciones pueden estar presentes. El grado en que las sales presentes en estos suelos se diluyen o concentrada debe ser estudiado con detenimiento.

Los métodos descritos en este documento se realizan sólo en la parte de un suelo que pase por el de 425 micras (núm. 40) tamiz. Por lo tanto, la contribución relativa de esta parte de la tierra a las propiedades de la muestra en su conjunto debe ser considerado cuando se utilizan estas pruebas para evaluar las propiedades de un suelo.

Los valores indicados en unidades métricas aceptables deben ser considerados como el estándar, con las siguientes excepciones. Los valores entre paréntesis son sólo a título informativo.

Las unidades estándar para el probador de resistencia de cubiertas en el anexo A1 es pulgada-libra, no métricas. Los valores de métricas dadas son a título informativo.

Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

### ANEXO 3. AASHTO 93

En la metodología AASHTO-93 [1] para diseño de estructuras de pavimento flexible, se presenta un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro llamado número estructural (SN) cuyo valor además de ser un indicativo del espesor total requerido del pavimento [2], es función del tránsito y la confiabilidad entre otros. Para la determinación de este parámetro se utiliza normalmente un ábaco en el cual se ingresa con el valor de la confiabilidad y conociendo los valores de los demás parámetros como son el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad, se obtiene el SN el cual es un valor fundamental para la determinación de los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento. Para la obtención del SN, generalmente se usan ábacos en los cuales las escalas no corresponden debido a que han sido reproducidos o fotocopiados muchas veces a tamaños de acuerdo a la necesidad de cada usuario, lo que conlleva a la obtención de valores con desviaciones importantes. De igual manera se hace tedioso realizar los cálculos propios del método por lo que surge la necesidad de emplear algún tipo de herramienta computacional para agilizar dichos cálculos y obtener una mayor precisión y agilidad. El presente artículo expone un caso de diseño de una estructura de pavimento a través de la utilización de la herramienta computacional DISAASHTO-93 la cual fue desarrollada en su totalidad por el autor del presente artículo, la cual brinda la posibilidad de obtener los números estructurales de la estructura de pavimento de una manera rápida y sin la utilización de ábacos así como la obtención de los espesores de las capas que conforman la estructura como son la capa asfáltica, la capa de base granular y la capa de subbase granular.

VARIABLES DE DISEÑO QUE INTERVIENEN EN EL MODELO AASHTO-93 La metodología AASHTO93 para diseño de pavimentos asfálticos emplea un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro denominado número estructural (SN) el cual es fundamental para la determinación de los espesores de las capas que conforman el pavimento las cuales son la capa asfáltica, la capa de base y la capa de subbase. Como se dijo anteriormente, esta ecuación está en función de unas variables de diseño tales como el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad entre otros.