



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

**DISEÑO DE LA CARRETERA ALDEA EL RODEO - PLAN REDONDO,
MUNICIPIO SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

Rodolfo Arturo Fernández Motta

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA CARRETERA ALDEA EL RODEO - PLAN REDONDO,
MUNICIPIO SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

RODOLFO ARTURO FERNÁNDEZ MOTTA

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Luís Gregorio Alfaro Véliz
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA CARRETERA ALDEA EL RODEO - PLAN REDONDO,
MUNICIPIO SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 4 de agosto de 2,004.

Rodolfo Arturo Fernández Motta

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES

José Ángel Fernández Torres

Elsa Leonor Motta Yat

MIS HIJOS

José Rodolfo y José Javier

MI HERMANA

Elsa Fernández

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Rubén Darío Maldonado Méndez

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Ing. Luís Gregorio Alfaro Véliz

Ziomara Valle Dumas

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR	1
1.1 Ubicación geográfica	1
1.2 Reseña histórica	2
1.3 Organización administrativa	2
1.4 Población	2
1.5 Servicios	2
1.6 Actividad productiva	3
1.7 Aspectos Físicos	3
2. ESTUDIO PRELIMINAR DEL PROYECTO	5
2.1 Población actual	5
2.2 Población futura	5
2.3 Estado actual de la red vial del área	6
2.4 Estudio sobre mapa cartográfico	6
2.5 Reconocimiento preliminar de campo	7
3. CRITERIOS DE DISEÑO	9
3.1 Período de diseño	9

3.2	Clasificación de carreteras	9
3.3	Tipo de carretera a diseñar	10
3.4	Especificaciones de diseño	10
3.5	Sección típica de camino tipo F	12
4.	DISEÑO GEOMÉTRICO	13
4.1	Fotogrametría bidimensional	13
4.2	Modelo tridimensional	13
4.3	Línea preliminar	14
4.4	Línea de localización	15
4.5	Alineamiento horizontal	15
4.5.1	Tangente horizontal	16
4.5.2	Curvas circulares	16
4.6	Alineamiento vertical	19
4.6.1	Tangente vertical	19
4.6.2	Curva vertical	20
4.6.2.1	Cálculo de curvas verticales simétricas	23
4.7	Sección transversal	24
4.7.1	Corona	24
4.7.2	Rasante	25
4.7.3	Bombeo	25
4.7.4	Peralte	25
4.7.5	Sobre ancho	25
4.7.6	Corrimiento	26
4.7.7	Rodadura	26
4.7.8	Subcorona	26
4.7.9	Subrasante	26
4.7.10	Cunetas	26
4.7.11	Contracunetas	27

4.7.12	Taludes	27
4.7.13	Partes complementarias	27
4.7.14	Derecho de vía	27
4.8	Movimiento de tierras	28
4.8.1	Excavación no clasificada	29
4.8.2	Excavación no clasificada de material de desperdicio	30
4.8.3	Excavación no clasificada de material de préstamo	30
4.8.4	Coeficiente de contracción e hinchamiento	30
4.8.5	Cálculo de volúmenes	31
5.	DISEÑO DE PAVIMENTO	33
5.1	Geología general	33
5.2	Período de diseño	33
5.3	Proyecciones de tránsito y cargas de diseño	33
5.4	Factor de ejes equivalentes	34
5.5	Índice de serviciabilidad	35
5.6	Cálculo del ESAL	36
5.7	Trabajo de campo	39
5.8	CBR de diseño	40
5.9	Número estructural requerido	42
5.10	Número estructural aportado	43
5.11	Espesores de capa	45
6.	ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	47
6.1	Estudio hidrológico	47
6.2	Hidrografía del lugar	47
6.3	Caracterización climática	47
6.4	Análisis de precipitación	48

6.5	Análisis de caudales máximos	49
6.6	Método racional	50
6.6.1	Coeficiente de escorrentía	50
6.6.2	Intensidad de lluvia	51
6.6.3	Área tributaria	52
6.7	Caudales de diseño	52
6.8	Diseño hidráulico	53
7.	IMPACTO AMBIENTAL	55
7.1	Objetivos específicos	55
7.2	Identificación de impactos	55
7.2.1	Preconstrucción	56
7.2.2	Construcción	56
7.2.3	Postconstrucción	56
7.3	Factores ambientales y socioeconómicos	57
7.4	Evaluación de impacto social	59
7.5	Impacto sobre la salud y la educación	59
7.6	Plan de contingencia	60
7.6.1	Suelo	60
7.6.1.1	Erosión	60
7.6.1.2	Estabilidad	61
7.6.1.3	Características geomorfológicas	61
7.6.1.4	Botadero de material	61
7.6.2	Atmósfera	62
7.6.2.1	Ruido	62
7.6.2.2	Aire	62
7.6.2.3	Clima	62
7.6.2.4	Paisaje	63
7.6.3	Agua	63

7.6.3.1	Variación del flujo	63
7.6.3.2	Calidad del agua	63
7.6.4	Aspectos ecológicos	64
7.6.4.1	Vegetación, habitats y migración de especies	64
7.6.5	Aspectos sociales	64
7.6.5.1	Calidad de vida	64
7.6.5.2	Seguridad	65
7.7	Seguimiento y vigilancia ambiental	65
7.8	Cantidades de trabajo para la mitigación ambiental	66
8.	RIESGO Y VULNERABILIDAD	69
8.1	Desastre	69
8.2	Fenómenos naturales potencialmente peligrosos	70
8.3	Riesgo	71
8.4	Análisis de peligrosidad o amenaza	71
8.5	Análisis de vulnerabilidad	72
8.6	Vulnerabilidad física	72
8.7	Vulnerabilidad social	73
8.8	Vulnerabilidad económica	74
8.9	Requerimiento de recursos	75
8.10	Medidas de mitigación	75
8.11	Clasificación y análisis de desastres en carreteras	76
9.	COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y PROGRAMA DE EJECUCIÓN	79
9.1	Cantidades de trabajo	79
9.2	Modelo de integración de costos	80
9.3	Memoria de cálculo de costos unitarios	81
9.4	Costos unitarios y costos totales	83
9.5	Cronograma de ejecución física y financiera	85

9.6	Ficha técnica del proyecto	89
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA	95
	APÉNDICES	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa de ubicación del proyecto	4
2	Área del proyecto en mapa cartográfico	7
3	Sección típica de camino tipo F	12
4	Modelo tridimensional del área del proyecto	14
5	Elementos de curva horizontal	18
6	Elementos de curva vertical	24
7	Elementos de sección transversal	28
8	Factores de equivalencia de carga	36
9	Resumen de valor soporte o CBR de subrasante	41
10	Coefficiente estructural del concreto asfáltico	45
11	Sección típica de pavimento de un camino tipo E	46

TABLAS

I	Población a beneficiar al año 2,005	5
II	Proyecciones de población a beneficiar	5
III	Clasificación de carreteras de la Dirección General de Caminos	9
IV	Valores de la constante K para el cálculo de curvas verticales	22
V	Factores ESAL utilizados en el diseño	37
VI	Factores LEF para pavimentos flexibles, ejes simples, Pt = 2.5	37
VII	Factores de crecimiento de tránsito	38
VIII	Cálculo del ESAL de diseño	39
IX	Valores indicativos del coeficiente de escorrentía	51
X	Cuadro de cantidades estimadas de trabajo	79
XI	Integración de costo unitario	80
XII	Memoria de cálculo de los costos de construcción	81
XIII	Cantidades de trabajo, costos unitarios y costos totales	83
XIV	Cronograma de ejecución física y financiera	85

LISTA DE SÍMBOLOS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials, o Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y transportes
CBR	California Bearing Ratio, o Relación Soporte California.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
ESAL	Equivalent Simple Axial Load, o ejes Equivalentes.
GPS	Global Positioning System, o Sistema de Posicionamiento Global.
IGN	Instituto Geográfico Nacional.
INSIVUMEH	Instituto de Sismología, Vulcanología e Hidrología.
KIPS	Kilolibras, o mil libras.
KN	Kilonewtons, o mil newtons.
K.P.H.	Kilómetros por hora
LEF	Load Equivalent Factor, o Factor Equivalente de carga.
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
Mr	Módulo de resiliencia.
PSI	Libra por pulgada cuadrada
SN	Structural Number, o Número Estructural.
Ton/Ha/Año	Tonelada por hectárea por año.
T.P.D.	Tránsito Promedio Diario.

GLOSARIO

Acarreo	Es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y del préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, a cualquier distancia que exceda de 1,000 metros.
Altímetro	Instrumento mecánico o electrónico que se utiliza para medir la altura a la que se encuentra con respecto a la superficie de la tierra.
Base triturada	Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno para construir una base integrante de un pavimento, destinado, fundamentalmente, a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes.
Calzada	Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.
Clinómetro	Instrumento utilizado para medir ángulos de inclinación o pendientes.
Conteo vehicular	Es el número de vehículos que transitan por un punto determinado.
Datum	Es un punto de referencia para definir todos los puntos de un mapa.

Decibel	Unidad para medir la variación de la potencia sonora.
Digital	Forma de representar la información con valores numéricos.
Eje simple	Es el eje que está compuesto por dos ruedas, una en cada extremo del eje.
Erosión	Desprendimiento y arrastre de sólidos de la superficie terrestre por la acción del agua, viento, gravedad, hielo u otros.
Escorrentía	Conjunto de las aguas que se desplazan sobre la superficie terrestre por acción de la gravedad.
Fotogrametría	Tecnología desarrollada para obtener medidas reales a partir de fotografías terrestres o aéreas.
Latitud	Línea que proporciona la localización de un lugar al norte o al sur del ecuador y se expresa con medidas angulares que van de 0° en el ecuador hasta 90° en los polos.
Longitud	Línea que proporciona la localización de un lugar al este o al oeste de una línea norte-sur denominada meridiano de referencia, se mide en ángulos que van de 0° en el meridiano de Greenwich a 180° en la línea internacional de cambio de fecha.

Mapa cartográfico	Representación en un plano a escala de las características topográficas de una región a través de curvas de nivel y bancos de marca sobre una cuadrícula representativa de las latitudes y longitudes de la tierra.
Medida de mitigación	Implementación de políticas, estrategias o acciones tendientes a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante la ejecución o desarrollo de un proyecto.
Módulo de resiliencia	Parámetro que define la capacidad de los materiales de absorber impactos sin sufrir deformaciones permanentes.
Pavimento	Superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, al intemperismo y a otros agentes perjudiciales con el fin de permitir una circulación cómoda, segura y económica en toda época.
Período de diseño	Tiempo para el cual se diseña una obra y durante el cual su capacidad permite atender la demanda proyectada para este tiempo.
Sub base	Es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.

Terracería	Es el conjunto de operaciones de cortes, préstamos, terraplenes y desperdicios de material que se realizan hasta alcanzar una subrasante determinada, de conformidad a los niveles indicados en los planos.
Terraplén	Macizo de tierra con que se rellena un hueco o que se levanta para hacer un camino.
Tránsito	Número de vehículos que circulan por una carretera en un período dado.
Velocidad del proyecto	Velocidad máxima, con la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un tramo de carretera y que se utiliza para su diseño geométrico.
Vulnerabilidad	Factor de riesgo o de exposición a una amenaza.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en la planificación del tramo carretero que comunica a la Aldea El Rodeo con el Caserío Plan Redondo, ambas comunidades del Municipio San José La Arada, departamento de Chiquimula.

El trabajo consta de nueve capítulos, en los que se presenta una monografía del municipio en el primer capítulo, el segundo capítulo trata respecto de los estudios preliminares realizados con el fin de formarse la primera idea de los factores a tomar en cuenta para el diseño del camino, como la población a beneficiar, la topografía del lugar, el estado actual de la red vial del área, en el tercer capítulo se presentan los criterios tomados para el diseño geométrico, el cuarto capítulo es el cálculo del diseño geométrico hasta los volúmenes de corte y relleno de material. El quinto capítulo consiste en el diseño de la estructura de pavimento y los espesores que lo componen. En el sexto capítulo se realiza un análisis hidrológico de subcuencas y microcuencas del área para calcular las obras de drenaje a colocar en el proyecto.

Los capítulos siete y ocho son análisis de impacto ambiental y de vulnerabilidad respectivamente, en los que se presentan medidas de mitigación para los impactos al medio ambiente que pueden suceder durante la construcción y la vulnerabilidad y los riesgos a los que está expuesto el proyecto y medidas a tomar para la reducción y manejo de estos.

En el capítulo nueve se presentan las cantidades de trabajo estimadas para la construcción, los costos de construcción y un cronograma de ejecución.

OBJETIVOS

General

Solucionar la falta de una vía de comunicación terrestre entre la Aldea El Rodeo, el Caserío Plan Redondo y las comunidades aledañas al área.

Específicos

1. Desarrollar para la Municipalidad de San José La Arada, una planificación completa del proyecto, la cual incluya diseño geométrico y el diseño del pavimento.
2. Aplicar los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería, en la planificación del proyecto y, así, contribuir con el desarrollo del municipio a través del Ejercicio Profesional Supervisado.
3. Se propone construir un camino de apertura tipo F que a un máximo de 5 años después de construido y realizando trabajos de terracería de mediano costo se construya un camino pavimentado tipo E.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es un factor muy importante en el desarrollo de una comunidad al darle acceso a los servicios básicos, a trabajo, a educación, creando o mejorando el comercio, desarrollando el turismo, dando plusvalía a la tierra y es al ingeniero civil a quien corresponde hacer el diseño de esta infraestructura. Actualmente, en Guatemala, existen muchas comunidades con una deficiente y, en algunos casos, sin ninguna infraestructura vial, lo que trae como consecuencia la privación de su desarrollo.

La Universidad de San Carlos a través del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería desarrolla estudios de infraestructura para las municipalidades del país y en el presente caso para el municipio San José La Arada, del departamento de Chiquimula. A 6 kilómetros del Municipio San José La Arada por camino de terracería se encuentra La Aldea El Rodeo del mismo municipio, la cual cuenta con los caseríos Plan Redondo y Montañuela, pero estos caseríos se comunican con la Aldea El Rodeo por una angosta brecha peatonal en un tramo de 2 kilómetros con una pendiente bastante pronunciada, lo que hace, prácticamente, imposible cualquier tipo de transporte desde la Aldea a estos caseríos por una ruta directa.

El presente trabajo de graduación consiste en el estudio realizado para resolver el problema de comunicación vial de estas comunidades que, además de comunicarlas, permite abrir una nueva ruta para el Caserío Montañuela, también comunidad de la Aldea El Rodeo.

Se propuso un camino tipo F de las especificaciones de la Dirección General de Caminos y se realizó un diseño geométrico que a futuro con movimientos de tierra de mediana magnitud cumpla con especificaciones de un camino pavimentado tipo E, se realizó el estudio y diseño de pavimento y se calculó el costo de la obra.

1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

1.1 Ubicación Geográfica

El municipio de San José La Arada se encuentra al sur oriente de la Cabecera Departamental de Chiquimula a una distancia de 13.5 kilómetros sobre la ruta asfaltada CA-10. Posee una extensión territorial de 160 kilómetros cuadrados aproximados, con coordenadas latitud 14°43'28" y longitud 89°34'45" con una elevación de 435 metros sobre el nivel del mar.

Colindancias:

- Al norte con el municipio de Chiquimula
- Al este con el municipio de San Jacinto, Chiquimula
- Al sur con el municipio de Ipala, Chiquimula
- Al oeste con el municipio de Ipala, Chiquimula y el municipio San Luis Jilotepeque departamento de Jalapa.

El municipio cuenta con 15 aldeas dentro de las que se encuentra la aldea El Rodeo al sureste de la cabecera municipal y sus caseríos Plan Redondo y Montañuela. La aldea se encuentra en las coordenadas latitud 14°39'46" y longitud 89°34'15" con una elevación de 850 metros sobre el nivel del mar, el Caserío Plan Redondo se encuentra en las coordenadas latitud 14°40'35" y longitud 89°33'57" con una elevación de 1,300 metros sobre el nivel del mar.

1.2 Reseña Histórica

Los habitantes de la aldea San José La Arada en conjunto con Santa Elena y San Esteban, deseaban separarse de la jurisdicción municipal de Chiquimula de la Sierra.

Fue hasta el 11 de septiembre de 1,924, fecha en que por acuerdo de la presidencia de la república fue erigido el municipio. Los primeros alcaldes fueron Don Bernabé Portillo y Don Gabriel Chigua.

1.3 Organización Administrativa

La organización administrativa de la aldea esta conformada como Consejo Comunitario de Desarrollo, COCODE, la cual consta de un Presidente, Vicepresidente, Secretario, Tesorero y Vocales 1º, 2º y 3º. Existe un alcalde comunitario que en la Aldea El Rodeo es el Presidente del COCODE.

1.4 Población

La Aldea El Rodeo tiene una población de 195 habitantes conformados en 42 familias y un total de 32 viviendas. El Caserío Plan Redondo tiene una población de 76 habitantes conformados en 11 familias y un total de 11 viviendas. Se estima un crecimiento poblacional del 2.6 % para el municipio

1.5 Servicios

La aldea cuenta con agua potable, electricidad, telefonía celular, escuela primaria. La atención médica más cercana es la que presta el Centro de Salud de la Cabecera Municipal de San José La Arada.

1.6 Actividad Productiva

De acuerdo al documento titulado “Estrategia para la reducción de la pobreza en el Municipio San José La Arada, Chiquimula”, se estima que la población económicamente activa alcanza el 28.94%, la cual incluye a niños mayores de 7 años. No se cuenta con fuentes de empleo permanente, la actividad que genera trabajo es la mano de obra no calificada como jornalero en actividades agropecuarias, en la construcción y en la extracción de minerales.

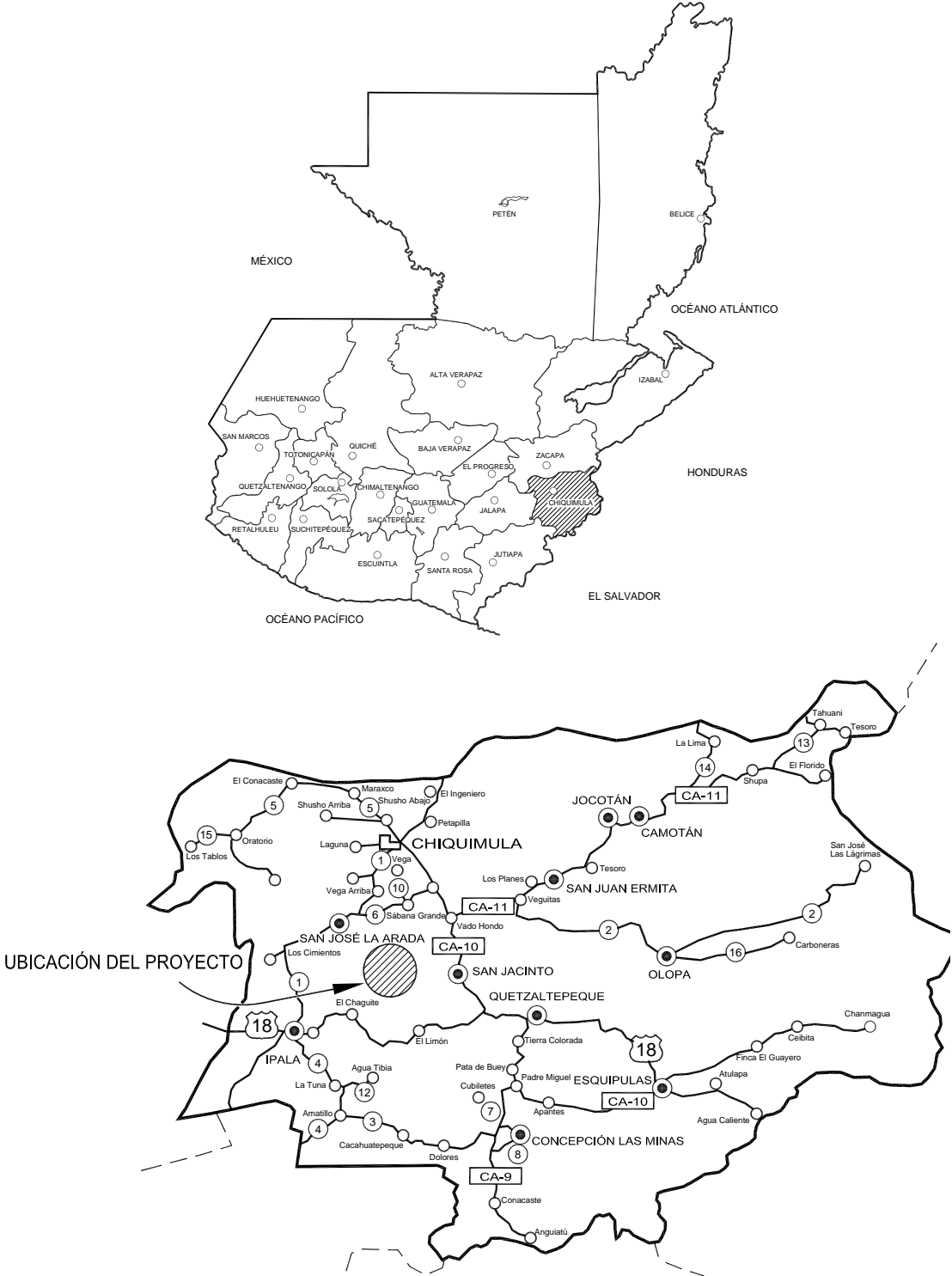
Según diagnóstico de la Oficina Municipal de Planificación de San José La Arada, en el año 2,002, la pobreza alcanzó niveles del 62%. Con respecto al uso de la tierra en términos generales es de la siguiente manera: Cultivos anuales como maíz, frijol, sorgo y hortalizas. Cultivos permanentes como el aguacate, shucte, cítricos y áreas para pasto y bosque.

1.7 Aspectos Físicos

El lugar se caracteriza por pendientes altas mayores del 32%, la precipitación mínima de 400 mm al año y la precipitación media de 700 mm al año, la temperatura mínima es de 17° C y la temperatura media de 25° C, la humedad relativa media es de 70%, pertenece a la zona sísmica de las fallas del Polochic – Motagua, la susceptibilidad a la erosión esta dentro de 0 – 10 Ton/Ha/año y según la clasificación climática de Thornwhite es un clima semiseco con vegetación natural característica de pastizales.

A continuación se presentan mapas de ubicación y localización del proyecto.

Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto



2. ESTUDIO PRELIMINAR DEL PROYECTO

2.1 Población Actual

La población actual a beneficiarse directamente con la ejecución del proyecto es la obtenida en el censo realizado por la Municipalidad de San José La Arada para La Aldea el Rodeo y el Caserío Plan Redondo, de forma indirecta la población del Caserío Montañuela considerada dentro del área de influencia del proyecto.

Tabla I. Población a beneficiar al año 2,005

PROYECTO	COMUNIDAD	POBLACIÓN AÑO 2005
Diseño de la carretera Aldea El Rodeo - Caserío Plan Redondo	Aldea El Rodeo	195 Habitantes
	Caserío Plan Redondo	76 Habitantes
	Caserío Montañuela	127 Habitantes
	TOTAL	398 Habitantes

Fuente: Municipalidad de San José La Arada.

2.2 Población Futura

Para realizar la proyección de la población se consideró un horizonte de 20 años plazo, con una tasa de crecimiento de población anual de 2.6% de crecimiento geométrico, para el Municipio San José La Arada.

Tabla II. Proyecciones de población a beneficiar

PROYECTO	AÑO	POBLACIÓN
Diseño de la carretera Aldea El Rodeo - Caserío Plan Redondo	Año 2010	453 Habitantes
	Año 2015	514 Habitantes
	Año 2020	585 Habitantes
	Año 2025	665 Habitantes

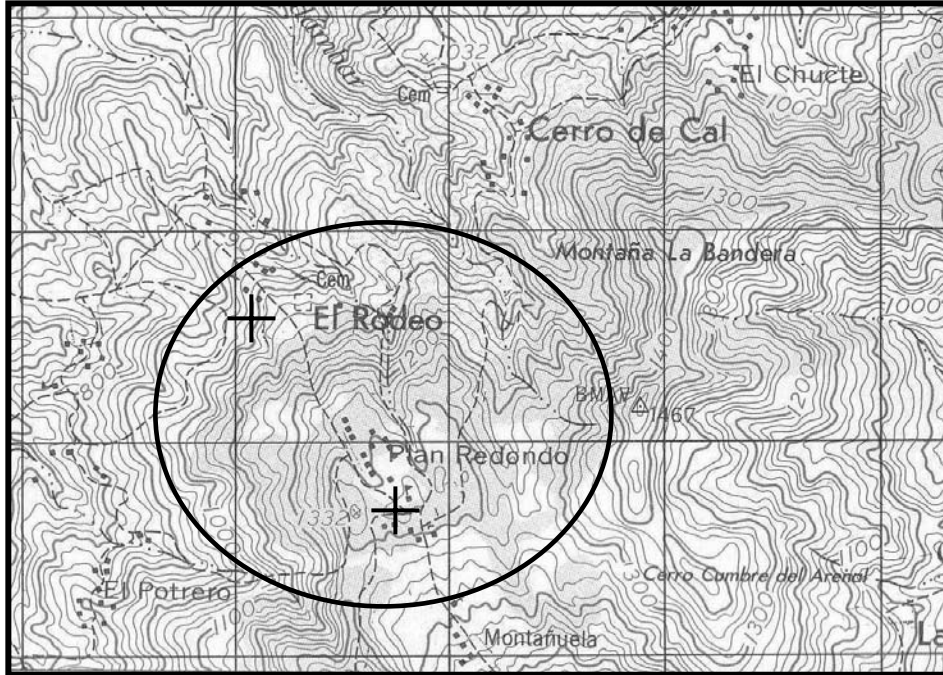
2.3 Estado Actual de la Red Vial del Área

Existe solo una alternativa de acceso vehicular al Caserío Plan Redondo que es por carretera de terracería hacia aldeas y caseríos del Municipio de Ipala para llegar a esta cabecera municipal, para luego por carretera pavimentada llegar al Municipio de San José La Arada por un trayecto de aproximadamente 20 kilómetros para comunicar Plan Redondo con su cabecera municipal.

2.4 Estudio Sobre Mapa Cartográfico

El primer estudio del área se realizó sobre un mapa cartográfico a escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional IGN con dátum vertical del nivel medio del mar, donde las curvas de nivel se encuentran a cada 20 metros de distancia vertical, y la distancia horizontal entre curvas, nos indica la pendiente existente entre ellas, en regiones montañosas las curvas de nivel están más unidas y en regiones planas están más separadas. Una vez ubicados los puntos obligados de paso, que para este caso son el inicio del proyecto en la Aldea El Rodeo y el final en el Caserío Plan Redondo, los objetivos son trazar una ruta que comunique estos puntos en la que las pendientes sean las menores posible, con la menor cantidad de pasos por quebradas, fondos de cuencas y estructuras existentes que tuvieran que ser derrumbadas para dar paso al camino. Para calcular la pendiente de un tramo sabemos que mientras más cerca se encuentran dos curvas, mayor es la pendiente entre ellas por lo que con la escala indicada se miden cuales tramos tienen menos concentración de curvas y que nos permitan hacer trazos horizontales con la menor diferencia vertical.

Figura 2. Área del proyecto en mapa cartográfico. Sin escala



2.5 Reconocimiento Preliminar de Campo

El reconocimiento de campo tiene como objetivo recorrer en campo la ruta seleccionada en gabinete sobre el mapa cartográfico para tener una visión real del área y tener en cuenta sus potencialidades y limitaciones en sus aspectos topográficos, hidrográficos, geológicos, aspectos ambientales a proteger, la propiedad de la tierra, el uso de la tierra, estructuras existentes, todos los factores que tienen incidencia en la construcción, en el costo y el impacto de la obra. Para el reconocimiento de campo es indispensable el uso de equipo como receptor GPS, clinómetro, altímetro, cámara fotográfica, etc., para recopilar información que sirva gabinete para definir claramente la ruta sobre la que se levantará la topografía de detalle. En el presente caso la topografía utilizada para el diseño es un modelo tridimensional digital generado a partir de un modelo fotogramétrico.

3. CRITERIOS DE DISEÑO

3.1 Período de Diseño

El período de diseño será definido en función del tamaño de la población a beneficiar, que determinará un tráfico promedio diario (T.P.D) proyectado y los componentes a ser construidos. Para el presente estudio el T.P.D. proyectado fue muy bajo, ya que el conteo vehicular y el tráfico inducido actualmente para estas comunidades es bajo. Se tomó en cuenta que el aumento de población generalmente tiene una relación directa con el nivel de desarrollo de la comunidad, que mejorará con la construcción del camino, por lo que el período de diseño propuesto fue de 20 años.

3.2 Clasificación de Carreteras

La clasificación utilizada para determinar el tipo de camino a diseñar es la clasificación de la Dirección General de Caminos para carreteras nacionales; esta clasificación se basa en el Tráfico Promedio Diario o T.P.D. de la forma siguiente:

Tabla III. Clasificación de carreteras de la Dirección General de Caminos

TIPO DE CARRETERA	T.P.D.	ANCHO DE CALZADA
Tipo A	3,000 a 5,000	2 x 7.20 m
Tipo B	1,500 a 3,000	7.20 m
Tipo C	900 a 1,500	6.50 m
Tipo D	500 a 900	6.00 m
Tipo E	100 a 500	5.50 m
Tipo F	10 a 100	5.50 m

Fuente: Secciones típicas. Departamento de carreteras. Dirección General de Caminos

3.3 Tipo de Carretera a Diseñar

A partir de un historial de conteos de tránsito anuales efectuados durante un período de tiempo se tabulan los datos y se crean curvas de crecimiento, pero para el presente diseño no se contó con un historial de conteos vehiculares.

Para el cálculo de crecimiento vehicular se aplicó una tasa del 3% anual basado en experiencias en el medio nacional. A partir de conteos vehiculares realizados en la estación 4+200 del proyecto y la tasa de crecimiento geométrico de 3% anual, se calculó el volumen de vehículos con la expresión:

$P_f = P_o * (1 + 0.03)^{\#años}$, lo que arrojó un volumen de 87 vehículos diarios, que es un valor menor al T.P.D. de un camino tipo F, por lo que se propuso diseñar un camino Tipo F.

3.4 Especificaciones de Diseño

Para un camino Tipo F la Dirección General de Caminos presenta las siguientes especificaciones:

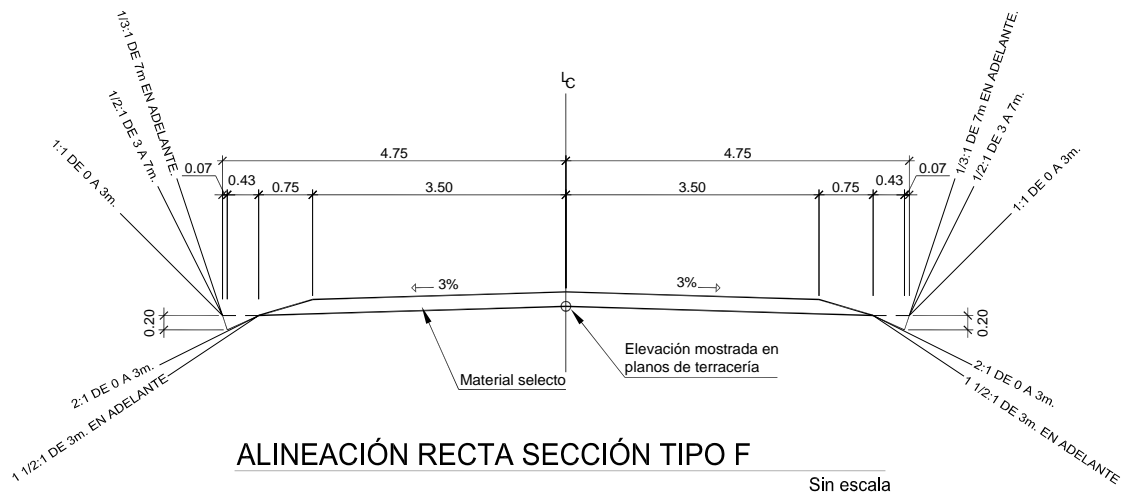
- Camino de terracería de un carril de 5.50 metros de rodadura
- Ancho de corona de 7 metros
- Tráfico Promedio Diario (T.P.D.) de 10 a 100 vehículos
- Velocidad de diseño
 - Regiones llanas 40 K.P.H.
 - Regiones onduladas 30 K.P.H.
 - Regiones montañosas 20 K.P.H.

- Ancho de terracería
 - En corte 9.50 m
 - En relleno 8.50 m
- Radio de curva mínimo
 - Región llana 47 m
 - Región ondulada 30 m
 - Región montañosa 18 m
- Pendiente máxima
 - Región llana 10 %
 - Región ondulada 12 %
 - Región montañosa 14 %

- Distancia de visibilidad de parada
 - Región llana 40 m
 - Región ondulada 30 m
 - Región montañosa 20 m
- Distancia de visibilidad de paso
 - Región llana 180 m
 - Región ondulada 110 m
 - Región montañosa 50 m

3.5 Sección Típica de Camino Tipo F

Figura 3. Sección típica de camino tipo F de la Dirección General de Caminos



4. DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1 Fotogrametría Bidimensional

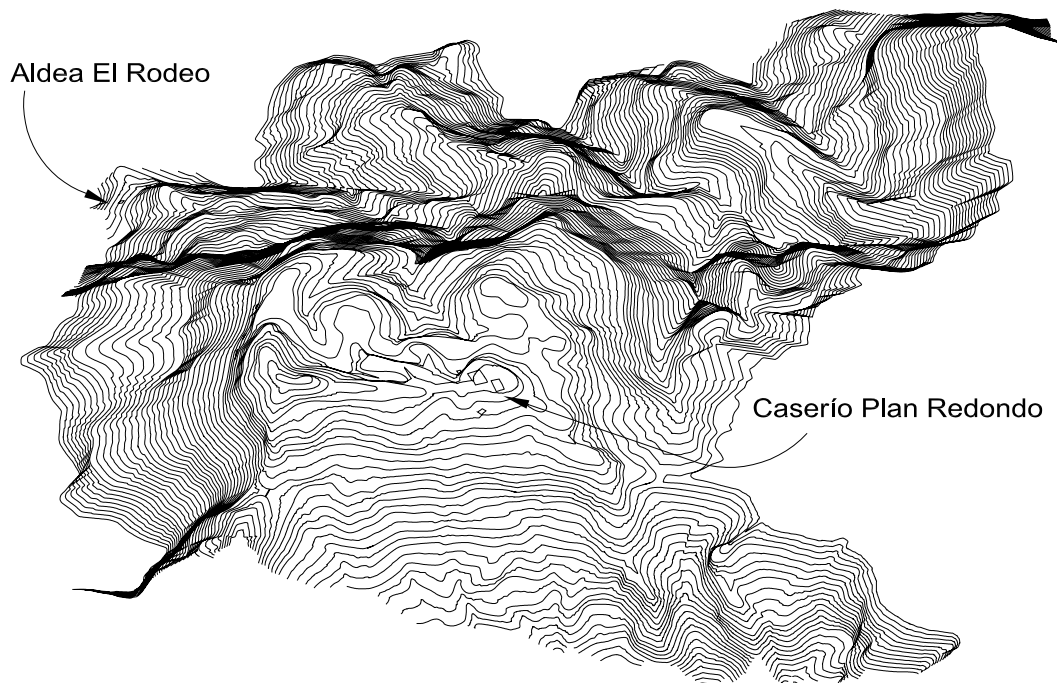
El modelo topográfico que se utilizó para realizar el diseño fue un modelo fotogramétrico de escala 1:10,000 a partir del cual se generó un modelo tridimensional digital. Un modelo fotogramétrico es un modelo topográfico generado a partir de fotografías aéreas superpuestas a las que se les corrige la distorsión debida a la perspectiva por medio de la restitución fotogramétrica, para luego poder obtener medidas reales a escala. Para construir el modelo fotogramétrico se define el área de la que se necesitan fotografías y la escala máxima conveniente, para luego crear el mapa de curvas de nivel en dos dimensiones x e y, donde la tercera dimensión o elevación la conforman las curvas de nivel acotadas; coordenada z. Las coordenadas dentro de las que se trabajó el modelo fotogramétrico son: latitud 14°41'20" longitud 89°34'20", latitud 14°41'21" longitud 89°33'13", latitud 14°39'59" longitud 89°34'19" y latitud 14°40'00" longitud 89°33'12",

4.2 Modelo Tridimensional

Un modelo tridimensional esta formado por entidades vectoriales x,y,z que forman puntos, líneas, áreas y volúmenes. El modelo tridimensional se generó en el programa Autodesk Land Desktop que crea una malla de triángulos irregulares en tercera dimensión cuyos vértices representan puntos topográficos o vértices de curvas de nivel digitalizadas. La digitalización es el proceso de convertir información gráfica en papel a un formato digital.

El modelo tridimensional digital tiene todas las propiedades suficientes para realizar los trazos y cálculos para el análisis y el diseño geométrico de la carretera.

Figura 4. Modelo tridimensional del área del proyecto



4.3 Línea Preliminar

Para el trazo de la línea preliminar se generan curvas de nivel del modelo digital y se ubican en el plano digital los puntos obligados de paso, dos puntos obligados son el inicio y el final del camino, los cuales ya fueron ubicados y referenciados en el reconocimiento preliminar de campo, luego aquellos pasos que en el reconocimiento preliminar de campo se chequearon y permiten el paso evitando pendientes altas, una buena combinación entre alineamiento horizontal y vertical, pasos por quebradas, estructuras existentes o suelos difíciles de trabajar.

Cuando se realiza un levantamiento topográfico tradicional de campo se levantan tres libretas, libreta de tránsito, libreta de niveles de línea central y libreta de secciones transversales, en el caso de utilizar una estación total, se plotean puntos x, y, z de la ruta. El objetivo es tener una superficie del mayor ancho posible sobre toda la longitud de la ruta.

Con un modelo fotogramétrico se cuenta con un área lo suficientemente grande que permite realizar variados intentos de trazo. El trabajar con un modelo digital permite construir perfiles, secciones transversales, calcular cortes y rellenos o chequear taludes para cada intento de línea, prácticamente construir un modelo completo en cada intento de ruta.

4.4 Línea de Localización

La línea de localización es la línea definitiva del proyecto, es la línea que cumple de mejor forma con las condiciones de seguridad, fluidez, economía y comodidad para el tipo de tránsito y para el período de tiempo que fue diseñado.

4.5 Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje central de la carretera. Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

4.5.1 Tangente Horizontal

Las tangentes son la proyección de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa como Δ . Las tangentes horizontales están definidas por su longitud y su dirección.

La longitud máxima de una tangente esta condicionada por la seguridad, las tangentes largas son causa potencial de accidentes. Conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas esta definida por la longitud necesaria para la sobre elevación y ampliación a esas curvas.

4.5.2 Curvas Circulares

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas, las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.

Cuando dos tangentes están unidas entre si por una curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamamiento, las curvas pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Los elementos de una curva circular y su cálculo son los siguientes:

- Grado de curvatura: Es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros

$$G = \frac{1145.9156}{R}$$

- Radio de la curva: Es el radio de la curva circular

$$R = \frac{1145.9156}{G}$$

- Ángulo de deflexión central, Delta $-\Delta-$: Deflexión entre tangente de entrada y tangente de salida.

- Longitud de curva: Es la distancia siguiendo la curva desde el Pc al Pt

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{G}$$

- Subtangente: Es la distancia del PI al PC o principio de curva, y del PI al PT o principio de tangente, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como St.

$$St = \frac{R * Tg\Delta}{2}$$

- External: Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva

$$E = R(\text{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1)$$

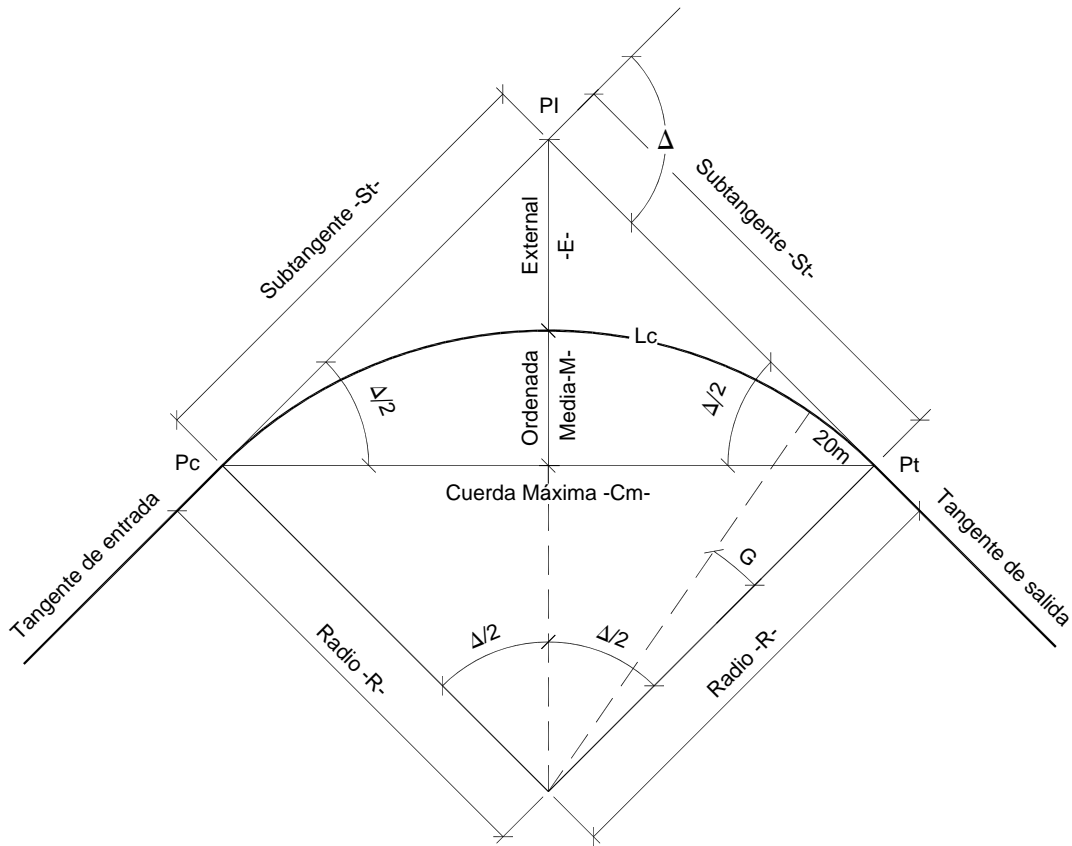
- Cuerda Máxima: Es la distancia en línea recta desde el Pc al Pt

$$Cm = 2R(\text{Sen} \frac{\Delta}{2})$$

- Ordenada Media: Es la distancia desde el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$M = R\left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right)$$

Figura 5. Elementos de curva horizontal



4.6 Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la carretera. Al eje de la carretera en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. Los elementos que integran el alineamiento vertical son tangentes y curvas verticales.

4.6.1 Tangente Vertical

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la tangente. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A.

- Pendiente máxima es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.
- Pendiente mínima es la menor pendiente que se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

4.6.2 Curva Vertical

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida. Deben dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de la curva se representan por PCV y el punto común del final de la curva y la tangente se representa por PTV.

Las curvas verticales pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, etc., el proyecto utiliza curvas parabólicas cuadráticas. Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, llamándose curvas cóncavas o convexas respectivamente.

Para determinar la longitud -L- de una curva vertical se aplican varios criterios, entendiéndose por longitud de curva vertical la longitud horizontal medida entre el PCV y el PTV. A continuación se presentan estos criterios:

- Criterio de comodidad. Se aplica al proyecto en curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma el peso propio del vehículo, su cálculo es:

$$K = \frac{L}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

Siendo K la relación entre la longitud de la curva y la diferencia algebraica de pendientes, V la velocidad del vehículo.

- Criterio de apariencia. Se aplica al proyecto en curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente. Empíricamente la AASHTO a determinado:

$$K = \frac{L}{A} \geq 30$$

- Criterio de drenaje. Se aplica al proyecto en curvas verticales cóncavas o convexas cuando están en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente. La AASHTO a determinado:

$$K = \frac{L}{A} \leq 43$$

- Criterio de seguridad. Se aplica al proyecto en curvas verticales cóncavas o convexas. La longitud de curva debe ser mayor o igual a la distancia de visibilidad de parada. La distancia de visibilidad de parada es la distancia de visibilidad mínima necesaria para que un conductor que transita a, o cerca de la velocidad de proyecto, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él. La distancia de visibilidad de parada está formada por la suma de dos distancias: La recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor ve el objeto hasta que coloca su pie en el pedal del freno y la distancia recorrida por el vehículo durante la aplicación de los frenos. A la primera se le llama distancia de reacción y a la segunda, distancia de frenado. La distancia de velocidad de parada se calcula a partir de la expresión que se presenta a continuación.

$$Dp = \frac{Vt}{3.6} + \frac{V^2}{254(f + p)}$$

Donde:

Dp = Distancia de visibilidad de parada en metros.

V = Velocidad de reacción en metros.

t = Tiempo de reacción en segundos

f = Coeficiente de reacción longitudinal.

P = Pendiente de la carretera

Para el presente proyecto las longitudes de curvas horizontales se calcularon con la expresión: $L = K * A$, con valores de K generados por la Dirección General de Caminos en función de las velocidades de diseño, donde:

L = Longitud mínima de curva vertical

K = Constante que depende de la velocidad de diseño en la tabla de la DCG

A = Diferencia algebraica de pendientes

Tabla IV. Valores de la constante K para el cálculo de curvas verticales

VELOCIDAD KPH	VALOR DE K SEGÚN TIPO DE CURVA	
	CONCAVA	CONVEXA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

4.6.2.1 Cálculo de Curvas Verticales Simétricas

Las siguientes fórmulas son deducidas de las propiedades de la parábola. La corrección máxima es la distancia desde el PIV al punto medio de la curva vertical simétrica, y se representa como OM (Ordenada Máxima), se calcula por la expresión:

$$OM = \frac{P_2 - P_1}{800} * L$$

Donde:

P_2 = Pendiente de la tangente de salida con su signo

P_1 = Pendiente de la tangente de entrada con su signo

L = Longitud de curva vertical.

La corrección de una curva en cualquier estacionamiento de esta se representa por Y, su cálculo es por medio de la expresión:

$$Y = \frac{OM}{\left[\frac{L}{2}\right]^2} * D^2$$

Donde D:

$$D = \frac{L}{2} - |(PIV - Esti)|$$

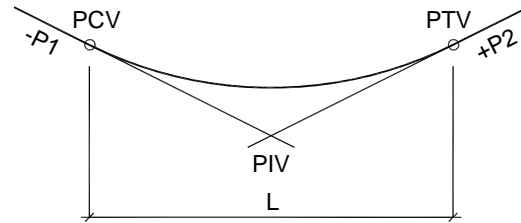
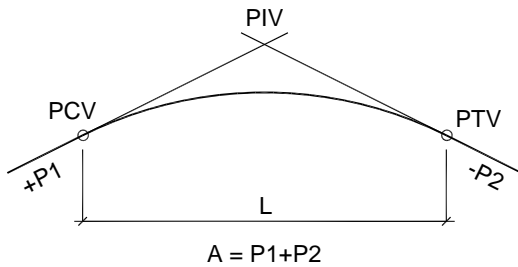
PIV = Estación del punto de intersección vertical

Est i = Estación de la que queremos la corrección

Figura 6. Elementos de curva vertical

CURVA VERTICAL CONVEXA O EN CRESTA

CURVA VERTICAL CÓNCAVA O EN COLUMPIO



P1 = Pendiente de entrada
 P2 = Pendiente de salida
 L = Longitud de curva
 A = Diferencia de pendientes
 $K = \frac{L}{A}$

4.7 Sección Transversal

La sección transversal de un camino en un punto cualquiera de este es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Los elementos que definen la sección transversal son: Corona, Rasante, Bombeo, Peralte, Sobreancho, Corrimiento, Rodadura, Subcorona, Subrasante, Cunetas, Contracunetas, Taludes, Partes complementarias y el derecho de vía.

4.7.1 Corona

Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino. Los elementos que definen la corona son: Rasante, Bombeo y rodadura.

4.7.2 Rasante

La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal esta representada por un punto.

4.7.3 Bombeo

Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre el camino.

4.7.4 Peralte

Es la sobre elevación que se le da a la sección transversal en la curva para contrarrestar la fuerza centrífuga que se produce al trasladarse en un movimiento circular.

4.7.5 Sobre ancho

Es el ancho adicional proporcionado a las curvas debido a que al circular por ellas, los vehículos ocupan mayor espacio porque aunque los neumáticos sigan la dirección de la curva, la carrocería tiende a seguir tangencialmente al movimiento.

4.7.6 Corrimiento

Es el desplazamiento radial, que se necesita dar hacia adentro de la curva circular para darle cabida a la espiral.

4.7.7 Rodadura

Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

4.7.8 Subcorona

Es la superficie que limita a la terracería y sobre la que se apoyan las capas del pavimento, entendiéndose por terracería al volumen de material que hay que cortar o rellenar para formar el camino hasta la subcorona.

4.7.9 Subrasante

Es la proyección del eje de la subcorona en el alineamiento vertical. Es la línea que se presenta en el diseño vertical, en la sección transversal esta representada por un punto.

4.7.10 Cunetas

Son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes de corte.

4.7.11 Contracunetas

Generalmente son zanjas de sección trapezoidal que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

4.7.12 Taludes

Son los planos inclinados de la terracería, que delimitan los volúmenes de cortes o terraplén, contenidos entre la cuneta y la línea de cero del corte, y el hombro y la línea de cero de terraplén.

4.7.13 Partes Complementarias

Bajo esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino.

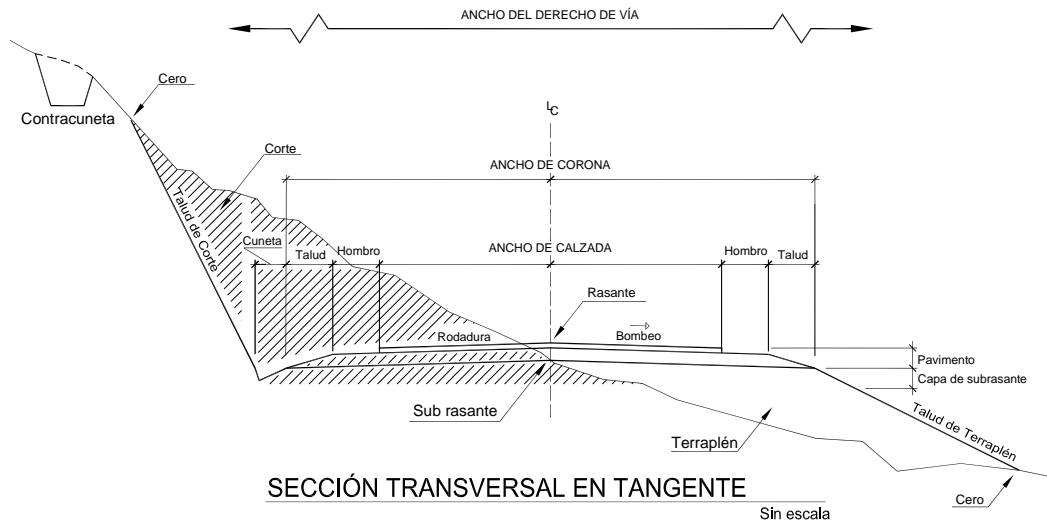
Tales elementos pueden ser las banquetas y fajas separadoras, las defensas y los dispositivos del control del tránsito.

4.7.14 Derecho de vía

Es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. Su ancho será el requerido para satisfacer esas necesidades.

En la siguiente figura se presentan los elementos de la sección transversal.

Figura 7. Elementos de sección transversal



4.8 Movimiento de Tierras

El costo de construcción, parte integrante de los costos en que se basa la evaluación de un camino, está gobernado por los movimientos de tierras. Esto implica una serie de estudios que permitan tener la certeza de que los movimientos a realizar sean los más económicos, dentro de los requerimientos que el tipo de camino fija. Al iniciarse el estudio de la subrasante en un tramo se deben analizar el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal y las secciones transversales del terreno, los datos relativos a la calidad de los materiales y la elevación mínima que se requiere para dar cabida a las estructuras.

La subrasante económica es aquella que ocasiona el menor costo de la obra, entendiéndose por esto, la suma de las erogaciones ocasionadas durante la construcción y por la operación y conservación del camino una vez abierto.

Bajo este aspecto, para el proyecto de la subrasante económica hay que tomar en cuenta que:

- La subrasante debe cumplir con las especificaciones de proyecto geométrico dadas.
- En general, el alineamiento horizontal es definitivo, pues todos los problemas inherentes a el han sido previstos en la fase de anteproyecto. Sin embargo habrá casos en que se requiera modificarlo.
- La subrasante a proyectar debe permitir alojar las alcantarillas, puentes y pasos y su elevación debe ser la necesaria para evitar humedades perjudiciales a la terracería o al pavimento, causadas por zonas de inundación o humedad excesiva en el terreno natural.

La posición que debe guardar la subrasante para obtener la economía máxima en la construcción de la terracería, depende de los siguientes renglones:

4.8.1 Excavación no clasificada

Comprende la excavación de material dentro de los límites de la construcción para utilizarlo en la construcción de terraplenes dentro de dichos límites.

4.8.2 Excavación no clasificada de material de desperdicio

Proviene del material de corte que no se utiliza en la formación de terraplenes, por ser sobrante o material no apropiado para su construcción.

4.8.3 Excavación no clasificada de material de préstamo

Comprende el material excavado en bancos de préstamo para construcción de terraplenes, dentro de los límites de la construcción o fuera de ella.

4.8.4 Coeficiente de contracción e hinchamiento

Cualquier material, ya sea de corte o relleno, experimenta cambios de volumen cuando pasa del estado natural a las diferentes fases de la construcción, lo cual hace necesario conocer la magnitud de este cambio para poder determinar con mayor exactitud los volúmenes del material a mover. Este coeficiente varía según diversos factores tales como: Clase de suelo, humedad contenida, la forma de excavación, el transporte utilizado y el tipo de compactación.

Todo esto podrá ser determinado mediante ensayos de laboratorio, obteniendo así el coeficiente de una manera técnica y precisa. En base al coeficiente se podrá determinar el relleno con la siguiente relación:

$$R = \frac{C}{1 - Coef}$$

Donde:

R = Relleno

C = Corte

Coef = Coeficiente de contracción e hinchamiento.

Para el proyecto se utilizó un coeficiente de contracción de 30%

4.8.5 Cálculo de volúmenes

Para calcular los volúmenes de tierra, se realiza el trazo de la línea subrasante con sus curvas verticales, se determinan los espesores tanto de corte o relleno dados por la diferencia que existe entre las elevaciones del terreno natural y la subrasante. Este espesor se considera en las secciones transversales previamente definido, donde el cálculo de los volúmenes se realiza en base al área medida en cada sección transversal de material a cortar o de relleno y promediada entre secciones transversales consecuentes.

Los elementos que definen el área son los definidos en la sección típica que comprende los taludes de corte o relleno, dimensiones de cunetas, hombros, ancho de calzada.

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales existen variados métodos como el analítico, el gráfico o el del planímetro, pero utilizando el programa Autodesk Land Desktop el cálculo de las áreas y de los volúmenes es automático y preciso.

El resumen de los volúmenes del movimiento de tierras es el siguiente:

Volumen de corte: 148,473 m³

Volumen de relleno: 23,880 m³

Volumen de material de desperdicio: 124,593 m³

Volumen de corte para prevención de derrumbes: 19,614 m³

Con el diseño de la línea de localización que incluye diseño del alineamiento horizontal, diseño del alineamiento vertical, generación y análisis de secciones transversales, cálculo de movimiento de tierras, se generaron los planos finales planta – perfil del proyecto, planos de secciones transversales y hojas de detalles, los cuales se presentan en los apéndices, conjuntamente con la planilla de corrimientos, sobreamanchos y peraltes.

5. DISEÑO DE PAVIMENTO

5.1 Geología General

Rocas ígneas y metamórficas, del período terciario. Rocas volcánicas sin dividir. Predominante Mio-Plioceno, incluye tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos

5.2 Período de Diseño

Como se planteó en el capítulo 3, el período de diseño en función de un conteo vehicular no fue posible, pues el tránsito vehicular proyectado fue bajo, y no existe un historial de tránsito del área, por lo que se determinó proponer un camino tipo F por un período de diseño de 20 años. Para el diseño de pavimento se consideró un período de diseño de 15 años, a construirse 5 años después de la construcción del camino. El método utilizado para calcular la estructura de pavimento fue el método de AASHTO 1,993.

5.3 Proyecciones de Tránsito y Cargas de Diseño

Para la estimación del tránsito futuro se analiza el comportamiento del mismo en un período de tiempo determinado, utilizando para ello la información obtenida de un análisis de tránsito inducido efectuado en campo. Se aplica una tasa de crecimiento de 2% para vehículos sencillos y de 4% para camiones de eje simple de acuerdo a las experiencias de la red vial del país, esto debido a que no se contaba con un historial de tránsito.

En los procedimientos de diseño, la estructura de un pavimento es considerada como un sistema de capas múltiples y los materiales de cada una de las capas se caracterizan por su propio módulo de elasticidad. La evaluación de tránsito esta dada por la repetición de una carga en un eje simple equivalente de 80 KN (18,000 lb.) aplicada al pavimento en un conjunto de dos juegos de llantas dobles. Para propósitos de análisis estas dobles llantas equivalen a dos platos circulares con un radio de 115 mm o 4.52” espaciados 345 mm o 13.57” centro a centro, correspondiéndole 80 KN o 18,000 lb. de carga al eje y 483 kPa o 70 PSI de presión de contacto sobre la superficie.

5.4 Factor de Ejes Equivalentes

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto esta compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 kN o 18 kips, por lo que se les denominará Equivalent Simple Axial Load o ESAL (Ejes Equivalentes).

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales responden en igual forma de diferente manera a igual carga. Como estas cargas producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, las fallas tendrán que ser distintas. Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos.

Esta carga uniformizada será la de los ejes equivalentes o ESAL y la conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga LEF (Load Equivalent Factor).

5.5 Índice de Serviciabilidad

El índice de serviciabilidad es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo, en otras palabras a un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (perfecto), y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0 (pésimo). A la diferencia entre estos dos valores se le conoce como la pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) o sea el índice de serviciabilidad presente (Present Serviciability Index). Los valores que se recomiendan dependiendo del tipo de pavimento son los siguientes:

Índice de serviciabilidad inicial:

- $P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos
- $P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles

Índice de serviciabilidad final:

- $P_t = 2.5$ para pavimentos rígidos
- $P_t = 2.0$ para pavimentos flexibles

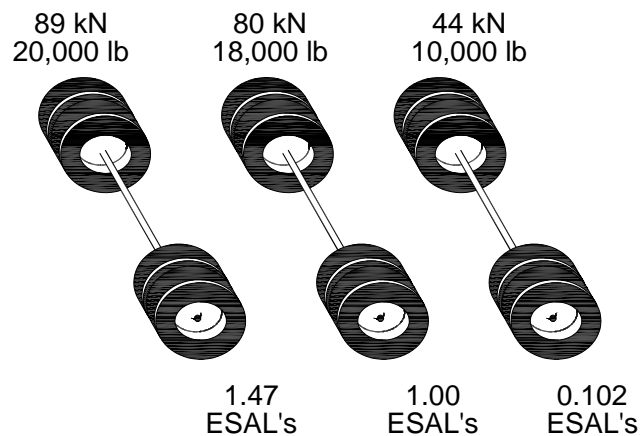
Como ya se dijo la transformación de un volumen de tránsito a un número equivalente de ejes de 80 KN se hace a través de los LEF, el cual es el valor numérico que expresa la relación de pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 KN y la producida por un eje estándar en el mismo eje. Como cada pavimento responde de manera diferente los LEF también cambian en función del tipo de pavimento y según el SN (Structural Number, o número estructural) y según el valor del índice de serviciabilidad asumido para el diseño.

5.6 Cálculo del ESAL

Para calcular el ESAL que se aplicará a una estructura es necesario asumir en primera instancia el SN que se considere adecuado a las cargas para pavimentos flexibles, también se asumirá el índice de serviciabilidad final P_t aceptable. A continuación se presenta como se calculó el factor de carga equivalente con un $SN=4$ y un índice de serviciabilidad final de 2.5 que fueron los parámetros iniciales tomados para el cálculo del ESAL:

Figura 8. Factores de equivalencia de carga

SN = 4, Índice de Serviciabilidad Final = 2.5



A continuación se presenta los tipos de vehículos considerados en el diseño y los factores ESAL utilizados:

Tabla V. Factores ESAL utilizados en el diseño

TIPO DE VEHICULO	ESAL FACTOR
Automóviles	0.0002
Pick Ups	0.0004
Buses	1.1020
Camiones	1.5720

Para este cálculo se utilizó la tabla de factores equivalentes de carga de la guía de estructuras de pavimento, la cual se presenta a continuación:

Tabla VI. Factores LEF para pavimentos flexibles, ejes simples, Pt = 2.5

Carga p/eje (Kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.01	0.009
8	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.068	0.08
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.36	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.3
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

En la siguiente tabla se presentan los factores de crecimiento a utilizar en el cálculo del ESAL de diseño, según el período de diseño del pavimento y la tasa de crecimiento vehicular aplicada a los diferentes tipos de vehículos de diseño.

Tabla VII. Factores de crecimiento de tránsito

Período de análisis (años)	Factor sin crecimiento	Tasa de crecimiento anual (g) (en %)						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.84	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993

A continuación se presenta el cálculo del ESAL de diseño para el período de 15 años propuesto, un número estructural SN=4 para pavimentos flexibles, y un índice de serviciabilidad final $P_t = 2.5$.

Tabla VIII. Cálculo del ESAL de diseño

Período de diseño: 15 años
Número estructural: SN = 4
Índice de serviciabilidad final: Pt = 2.5

	a	b	c	d	e
Tipo de Vehículo	Cantidad de vehículos diarios	Factor de Crecimiento	Tránsito de diseño	ESAL factor	ESAL de diseño
Vehículos		2%			
Automóviles	15	17.29	94662.75	0.0002	18.93
Buses	6	17.29	37865.10	1.1020	41,727.34
Camiones Eje Simple		4%			
Pick Ups	15	20.02	109609.50	0.0004	43.84
Camiones	12	20.02	87687.60	1.5720	137,844.91

Total de vehículos:	48	ESAL de diseño:	179,635.02
----------------------------	-----------	------------------------	-------------------

El factor de carril es igual a 1 por ser un solo carril.

El procedimiento de cálculo fue:

La columna c es el producto de las columnas a*b*365 días del año

La columna e es el producto de las columnas c*d

El ESAL de diseño es la sumatoria de la columna e*(factor de carril):

ESAL de diseño = 179,635.02

5.7 Trabajo de Campo

Para la realización del trabajo de campo se ubicó una persona para la excavación de 4 pozos, un pozo en cada kilómetro de la ruta, y la obtención de muestras de suelo, tomando muestras del material del suelo a una profundidad entre 0.40 y 1.00 metros de profundidad.

5.8 CBR de Diseño

Una vez concluido los trabajos del muestreo de campo, se procedió a realizar la ejecución de los ensayos de laboratorio para las muestras de los materiales encontrados, con el fin de determinar su valor soporte y CBR de diseño con lo que se establecerá el Módulo de Resilencia de la muestra.

A continuación se presenta una tabla resumen con los datos de CBR de las muestras de suelo del camino. Los resultados de los ensayos del material de subrasante se muestran en los apéndices.

Figura 9. Resumen de los resultados de valor soporte o CBR de las muestras de campo

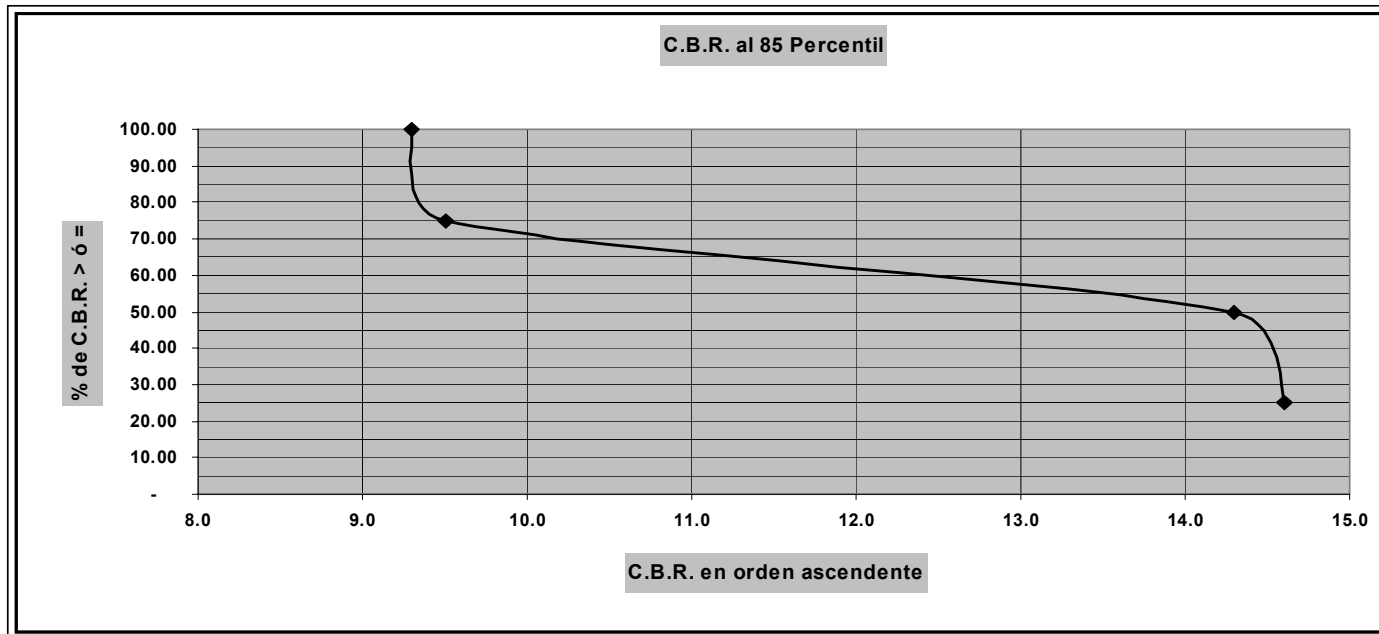
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

C.B.R AL 85 PERCENTIL

No.	CBR Ascendente	CBR > ó =	% CBR > ó =
1	9.3	4.0	100.0
2	9.5	3.0	75.0
3	14.3	2.0	50.0
4	14.6	1.0	25.0

C.B.R. AL 85 PERCENTIL
9.3%

C.B.R DE SUBRASANTE



Para la determinación del CBR de diseño, se tomo el criterio de utilizar el obtenido al 85 percentil del grupo de datos recibidos del laboratorio de mecánica de suelos.

C.B.R. DE DISEÑO: 9.3 %

5.9 Número Estructural Requerido

Para la determinación del número estructural requerido se tomaron como base las cargas impuestas por el tránsito a través del ESAL, el módulo de resiliencia obtenido del material de subrasante del proyecto y las consideraciones propuestas por el modelo de AASHTO.

El cálculo se efectuó sobre la base de los valores calculados de CBR de diseño y la cantidad de ejes simples de carga equivalente para el período de diseño. El módulo de resiliencia se cálculo basándose en el valor del CBR que es de 9.3, valor menor de 10, por lo que para encontrar el valor del módulo de resiliencia se utilizó la relación:

$$Mr = B * CBR$$

Donde el factor B es igual a 1500. El valor del módulo de resiliencia:

$$Mr = 13950$$

Los parámetros de diseño para el cálculo del número estructural requerido:

- ESAL de diseño: 179,635
- Nivel de confiabilidad: 85 % para rutas de poco tránsito
- Desviación standard: 0.45

- Serviciabilidad inicial: 4.20
- Serviciabilidad final: 2.50
- CBR de diseño: 9.3 %
- Módulo de resiliencia: 13,950

Basado en el modelo matemático de AASHTO 1,993 el número estructural requerido SN es: 2.0. El cálculo se realizó con el software desarrollado por el ingeniero Luís Ricardo Vásquez Varela, Universidad Nacional de Colombia, para el cálculo de Número Estructural de las ecuaciones de AASHTO 1,993.

5.10 Número Estructural Aportado

El objetivo del cálculo es encontrar un número estructural igual o mayor al número estructural requerido en función de los espesores y especificaciones para los materiales que forman la estructura de pavimento.

La fórmula presentada por la Guía de la AASHTO, en la cual el número estructural proporcionado por la estructura esta basado en los tipos de material y los espesores de cada una de las capas, es la expresión:

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

Donde los coeficientes a_1 , a_2 , a_3 , son los coeficientes estructurales o de capa de la rodadura, base y sub base respectivamente, los coeficientes m_2 , m_3 son coeficientes de drenaje para la base y sub base y D_1 , D_2 , D_3 son los espesores de capa en pulgadas para la rodadura, base y sub base respectivamente.

Los coeficientes de capa y de drenaje están en función de las cualidades físico-mecánicas de los materiales que cumplan con las especificaciones para cada una de las capas basándose en los resultados de CBR y módulo de elasticidad de las mismas, estos coeficientes se calculan sobre la base de nomogramas o fórmulas presentadas por la AASHTO. El cálculo es como sigue:

Para la capa de sub base:

Con un módulo de elasticidad para la sub base de 14,000 psi

$$a_3 = 0.227 * (\log_{10} E_{sb}) - 0.839, \text{ coeficiente de capa para la base} = 0.11$$

Para la capa de base:

Con un módulo de elasticidad para la base de 30,000 psi

$$a_2 = 0.249 * (\log_{10} E_b) - 0.977, \text{ coeficiente de capa para la base} = 0.14$$

Para la capa de rodadura el coeficiente de capa se calculó en base al nomograma que se encuentra en la figura No. 10, de acuerdo al módulo de elasticidad en psi del concreto asfáltico, el cual se encuentra entre 250,000 y 500,000. Se utilizó un módulo de 400,000 que en la gráfica tiene un coeficiente de capa = 0.42.

Los coeficientes de drenaje para la base y sub base se tomaron con valor de 1 como un material con buena calidad de drenaje según las especificaciones de AASHTO 1,993.

Al evaluar la ecuación para el número estructural aportado con los coeficientes calculados y con espesores propuestos en pulgadas tenemos:

$$SN = (0.42)(2.75) + (0.14)(4)(1) + (0.11)(6)(1) = 2.38$$

Que es un valor mayor al número estructural requerido, por lo que el diseño cumple estructuralmente.

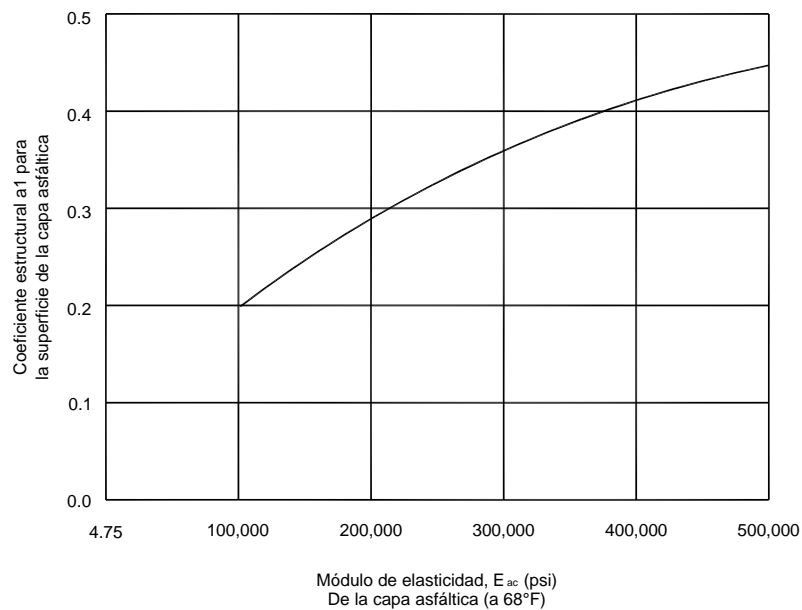
5.11 Espesores de Capa

Los espesores propuestos que cumplen con los parámetros de diseño, con el número estructural y con los espesores de capa mínimos sugeridos por la AASHTO, son los siguientes:

- Capa de rodadura de concreto asfáltico = 7.0 cm
- Capa de base triturada = 10.0 cm
- Capa de sub-base = 15.0 cm

La capa de rodadura cubrirá el área para los hombros, hasta el talud de la corona.

Figura 10. Coeficiente Estructural del concreto asfáltico

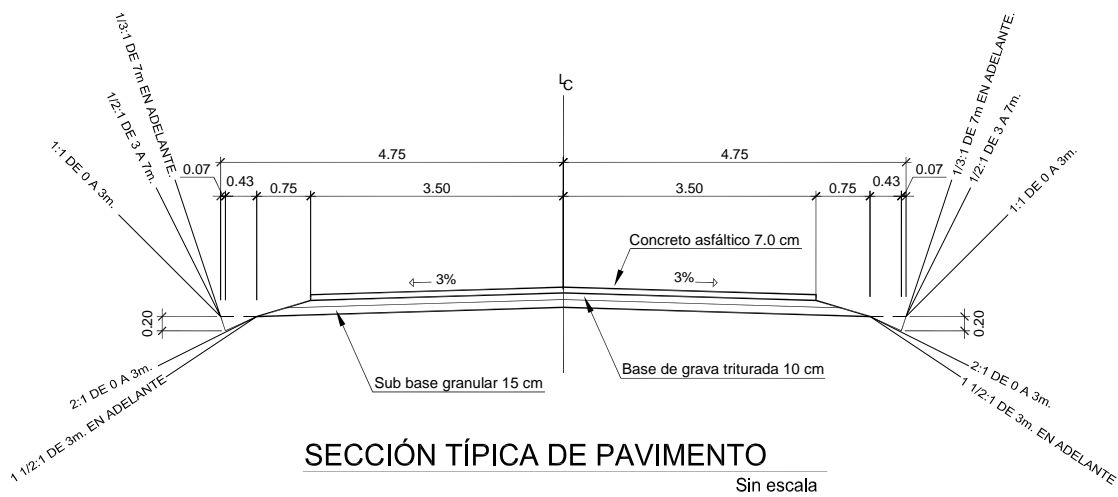


Cuando no se tenga el valor del módulo de elasticidad del concreto asfáltico, el coeficiente estructural se puede calcular con base en la estabilidad Marshall, - según el nomograma.

Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.

A continuación se presentan los elementos de la sección típica de pavimento.

Figura 11. Sección típica de pavimento de un camino tipo E



6. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

6.1 Estudio Hidrológico

El objetivo de este estudio es establecer la magnitud de los caudales naturales generados por las lluvias en las cuencas tributarias del área que comprende al proyecto. Los resultados del estudio servirán de base para establecer el tipo de obra hidráulica y su respectivo diseño hidráulico para la adecuada evacuación de las aguas pluviales.

6.2 Hidrografía del Lugar

El estudio consiste en una caracterización hidrológica del área con información disponible de la estación meteorológica La Fragua de la cuenca Río Grande de Zacapa, Municipio de Estanzuela, Departamento de Zacapa, generada por el INSIVUMEH, coordenadas geográficas Latitud 14° 57' 51", Longitud 89° 35' 04" y altitud 210 metros, de la vertiente del Mar de las Antillas.

6.3 Caracterización Climática

La clasificación climática de Thornwhite ubica el área como semi seco con vegetación natural característica de pastizales, según análisis del MAGA la precipitación media anual del área es de aproximadamente 700mm, la humedad relativa media de 70 % y la temperatura media anual de 25° C.

6.4 Análisis de Precipitación

El régimen de lluvias en Guatemala manifiesta una distribución temporal y espacial muy variada. Este régimen se debe a la combinación de diferentes condiciones geográficas y meteorológicas. La época de lluvias básicamente ocurre entre mayo y octubre.

Entre los estudios para el análisis del régimen de lluvias de un país se encuentra el régimen de intensidades de lluvia. Entre las mayores aplicaciones de este tipo de análisis se encuentra el diseño hidráulico de diferentes obras hidráulicas para la evacuación de las escorrentías originadas por eventos de lluvias en áreas urbanas y rurales. Normalmente este tipo de aplicaciones requiere de eventos de lluvias intensas asociados a una duración y a una frecuencia de ocurrencia. Las curvas de duración-intensidad-frecuencia (DIF) ofrecen dicha relación. Estas curvas representan gráficamente y mediante una ecuación la frecuencia con la cual un evento puede presentarse en un período dado, esto es, relacionan el tiempo de duración, la intensidad de la precipitación y el período de retorno en una sola gráfica.

La ecuación de las curvas de intensidad de lluvia se define por:

$$i_{tr} = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Los parámetros de ajuste A, B y n se basan en el análisis estadístico de las tormentas seleccionadas para el propósito.

El parámetro t es el tiempo de concentración que tarda el agua de lluvia en escurrir desde el punto más lejano de la cuenca hasta la estación en estudio.

En Guatemala este tipo de curvas se encuentran deducidas para un número reducido de estaciones, para diferentes épocas y en documentos dispersos. La información utilizada fue obtenida del INSIVUMEH.

La estación meteorológica utilizada para el análisis de caudales del proyecto fue la estación La Fragua, ubicada en el municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa, de la cuenca del Río Grande de Zacapa, dentro de la cual se encuentra ubicado el proyecto.

El período de registro de lluvias fue de los años 1990 a 2002 con un registro de 10 años y un total de 62 tormentas, el período de retorno tomado fue de 50 años, y la ecuación para el cálculo de la intensidad de lluvia fue:

$$i_{tr} = \frac{831}{(7 + t)^{0.632}}$$

6.5 Análisis de Caudales Máximos

Como no existe un monitoreo hidrológico en el área del proyecto, la estimación de caudales con diferente frecuencia de ocurrencia se hace a través de métodos indirectos, y para el caso se empleo el método racional, el cual se considera adecuado para áreas tributarias pequeñas. Los caudales se estiman en base a un análisis regional de crecidas, a través de las curvas duración-intensidad-frecuencia y el método racional.

6.6 Método Racional

Para estimar caudales máximos por el método racional se emplea la expresión:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

- Q = Caudal en $\frac{m^3}{seg}$
- C = Coeficiente de escorrentía
- i = Intensidad de lluvia en $\frac{mm}{hr}$
- A = área de la cuenca en Hectáreas

6.6.1 Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía se estima en base a las características hidrogeológicas observadas directamente en el campo. Tres aspectos son los que se consideran determinantes en la generación de escorrentía como consecuencia de tormentas de lluvias: La cobertura, el tipo de suelo y las pendientes del terreno. Estos aspectos definen los valores del coeficiente de escorrentía que se usan en este estudio. Los valores indicativos que se muestran en el cuadro se usan para obtener los valores finales usados en los cálculos de caudales.

Tabla IX. Valores indicativos del coeficiente de escorrentía

Uso del suelo	Pendiente Del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajo (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5 %	0.30	0.50	0.60
	5 – 10 %	0.40	0.60	0.70
	10 – 30 %	0.50	0.70	0.80
Potreros	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.15	0.35	0.55
	10 – 30 %	0.20	0.40	0.60
Bosques	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.25	0.35	0.50
	10 – 30 %	0.30	0.50	0.60

Fuente: National Engineering Handbook, Sec. 4: Hydrology, USDA, 1972

6.6.2 Intensidad de Lluvia

Para el área del proyecto se utilizó la ecuación ya definida:

$$i = \frac{831}{(7 + t)^{0.632}}$$

Donde el tiempo de concentración t en minutos se deduce del método de empírico de Kirpich que utiliza el desnivel y la longitud del cauce:

$$t = \frac{3L^{1.15}}{154H^{0.38}}$$

Donde L es la longitud del cauce en metros y H el desnivel del cauce en metros. Los parámetros se basan en las hojas cartográficas 1:50,000 del IGN.

6.6.3 Área tributaria

El área tributaria se estima en base a lo observado en el campo y a la definición de las subcuencas y microcuencas en las hojas cartográficas 1:50,000 del IGN.

6.7 Caudales de Diseño

Para el drenaje menor se utilizó un período de retorno 50 años:

El cálculo se realizó como sigue:

Tiempo de concentración:

$$t = \frac{3L^{1.15}}{154H^{0.38}}$$

Para un cauce de longitud 760 metros y ΔH de 95 metros:

$$t = \frac{3(760)^{1.15}}{154(95)^{0.38}} = 7.10 \text{ min}$$

Con ese tiempo de concentración:

$$i_{tr} = \frac{831}{(7 + 7.1)^{0.632}} = 156 \frac{mm}{hr}$$

Con un coeficiente de escorrentía de 0.6, un área tributaria de la cuenca de 0.7 hectáreas, se tiene que:

$$Q = \frac{0.6 * 156 * 0.7}{360} = 0.18 \frac{m^3}{seg}$$

6.8 Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico consiste básicamente en el dimensionamiento de las diferentes obras, desde el punto de vista de la capacidad hidráulica, que en su totalidad son alcantarillas, o drenaje menor.

El cálculo hidráulico para las tuberías de drenaje se basa en la fórmula de Manning, considerada como apropiada para este cálculo:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

V es la velocidad media del flujo en el conducto, n es el coeficiente de rugosidad, R es el radio hidráulico ($\frac{A}{P}$) donde A es el área neta de la sección transversal del conducto y P el perímetro mojado, S es la pendiente longitudinal en el conducto. La otra ecuación involucrada en el cálculo de descarga de las tuberías es la ecuación de velocidad de flujo volumétrico:

$$Q = V * A$$

Donde:

- Q = Caudal en $\frac{m^3}{seg}$
- V = Velocidad media del flujo en el conducto en $\frac{m}{seg}$
- A = Área de la sección transversal del conducto en m^2

Donde al combinar las ecuaciones y despejar el diámetro nos queda la expresión:

$$D = \left[\frac{Q * n * 4^{5/3}}{S^{1/2} * \pi} \right]^{3/8}$$

Los criterios de diseño aplicados fueron:

- Material de la tubería: Metal corrugado con $n=0.024$
- Pendiente longitudinal de la tubería: $S=2\%$
- El diámetro mínimo es de 30"

El dimensionamiento de las cunetas se basa también en la ecuación de Manning, la sección adoptada es la sección en L de la sección típica para camino Tipo F de la Dirección General de Caminos en los tramos en corte.

La memoria de cálculo y el inventario de tuberías propuestas se encuentran en los apéndices.

7. IMPACTO AMBIENTAL

El objetivo principal del estudio de impacto ambiental es identificar y evaluar los impactos positivos y negativos en los factores ambientales fisicoquímicos, ecológicos, biológicos, estéticos y socioeconómicos del tramo donde se realiza el proyecto, incluyendo las recomendaciones necesarias para mitigar los impactos negativos que se produzcan durante cada fase del proyecto, prestando especial atención a la situación actual del área para tomar medidas estructurales encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad de la ruta.

7.1 Objetivos Específicos

- Evaluar los diferentes impactos ambientales atribuidos o asociados al análisis y preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto de construcción.
- Estudiar con profundidad los impactos ambientales adversos identificados.
- Proponer medidas para mitigar y minimizar los impactos ambientales adversos.

7.2 Identificación de Impactos

La identificación de impactos se realizó en función de las actividades que se desarrollan en la ejecución del proyecto, como sigue:

7.2.1 Preconstrucción

- Limpia, chapeo y destronque
- Campamento
- Plantas trituradora y de asfalto

7.2.2 Construcción

- Excavación y nivelación del terreno
- Aprovechamiento del banco de material de préstamo
- Habilitación de botadero de material de desperdicio
- Operación de gasolinera
- Uso de maquinaria y equipo
- Acarreo de material
- Obras de drenaje
- Diseminación de material pétreo y bituminoso
- Manejo de desechos sólidos y líquidos
- Capacitación del personal
- Señalización
- Reconformación y revegetación de áreas intervenidas
- Control de emisiones atmosféricas
- Dotación de equipo de protección personal
- Prevención de accidentes

7.2.3 Postconstrucción

- Alteración de los patrones de tránsito
- Mantenimiento preventivo y correctivo
- Desarrollo económico y rural

7.3 Factores Ambientales y Socioeconómicos

Agua Superficial

- Características de drenaje
- Variación de flujo
- Calidad de agua

Agua Subterránea

- Alteraciones del flujo
- Calidad de agua

Suelo

- Erosión
- Uso potencial del suelo
- Asentamiento y compactación
- Estabilidad
- Características Geomorfológicas

Atmósfera

- Calidad del aire
- Clima
- Ruido

Especies y Poblaciones Terrestres

- Vegetación terrestre
- Fauna de interés ecológico
- Habitats terrestres
- Migración de especies

Relieve y Características topográficas (Paisaje)

Aspectos socioeconómicos

- Economía regional
- Empleo y mano de obra
- Calidad de vida
- Seguridad e higiene

En cuanto a las interacciones benéficas es importante mencionar que estas se presentan principalmente en los aspectos socioeconómicos y la ejecución de actividades contempladas dentro del proyecto como medidas de mitigación ambiental, utilizando técnicas de ingeniería adecuadas tanto en la realización del proyecto como en el uso del mismo.

Debido a que el proyecto se divide en tres fases, preconstrucción, construcción y Postconstrucción, se ha determinado que los impactos benéficos tienden a incrementarse conforme el avance de cada fase y los mitigables se reducen, mientras que los adversos se mantienen dentro del mismo rango. Según la matriz de identificación de impactos, las acciones que producen un impacto adverso son la limpieza y excavación del área de trabajo, así como la habilitación del área para la construcción a lo largo del trayecto de la carretera, estas acciones deben seguir las medidas de mitigación recomendadas para disminuir su impacto, especialmente en cuanto a conservación del medio biótico al que pudieran afectar.

Los impactos mitigables están representados por la habilitación de maquinaria y su funcionamiento, así como las actividades de construcción que contempla el proyecto. Es necesario poner en acción los planes de contingencia para seguridad humana.

Los impactos benéficos principalmente se deben al empleo de mano de obra y contratación de personal, lo que ayudará a que la economía regional mejore conforme el proyecto avance.

7.4 Evaluación de Impacto Social

La generación de empleo local causa un impacto positivo, ya que se emplearán trabajadores locales para la construcción de la carretera, así como para el despacho y control, durante el tiempo que duren las actividades de construcción. La construcción permite el empleo de mano de obra y trabajo especializado, lo que mejora la economía local y consiguientemente aumentan los requerimientos de bienes y servicios. A largo plazo se estima que el nivel de vida mejore en calidad.

7.5 Impacto Sobre la Salud y la Educación

Sobre la salud de la población el proyecto no tendrá influencia, esto será sobre la salud de los trabajadores que se involucran directamente en las labores de la operación del área de construcción y operación de la maquinaria pesada, debido a la producción de partículas en suspensión producto del corte de materiales, operación de plantas, etc., que pueden producir afecciones de las vías respiratorias, irritación de ojos y piel.

Con relación a la maquinaria y vehículos que se van a utilizar, los accidentes potenciales que puedan suceder con el uso de maquinaria son variados y pueden afectar a las personas, por lo que se recomienda que todos los trabajadores utilicen cascos de seguridad y no lleven puesto accesorios que puedan ahorcar o lastimar al trabajador.

Las charlas inductivas sobre seguridad en operaciones de construcción de carreteras, seguridad industrial y salud humana contribuirán con la educación general y específica de los trabajadores.

Se proponen medidas de mitigación considerando las diferentes interacciones que generen impacto mitigable o adverso a los factores físico-químicos, ecológicos y sociales al ambiente y se define a un responsable de ejecutar estas medidas quien será un profesional con el conocimiento básico en materia ambiental y experiencia en proyectos de construcción.

7.6 Plan de Contingencia

Se presentan los elementos afectados, el impacto y la medida de mitigación propuesta.

7.6.1 Suelo

7.6.1.1 Erosión

Se da en la Limpia, chapeo y destronque, durante los trabajos de excavación y nivelación, en el aprovechamiento de los bancos de material.

Se propone la revegetación de las áreas afectadas con gramíneas o arbustos y en el caso de taludes se utilizará hidrosiembra. Cuando sea posible, almacenar la capa vegetal para su uso posterior durante la reconformación del terreno.

7.6.1.2 Estabilidad

Cortes de talud y rellenos mal compactados pueden provocar derrumbes. Se propone un buen diseño en el corte del talud, teniendo en cuenta el ángulo de reposo del material respectivo, y compactación conforme a las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos.

7.6.1.3 Características Geomorfológicos

Cuando la topografía original del terreno se altera provoca la pérdida de capas de suelo y genera inestabilidad y un aspecto visual negativo, especialmente cuando el banco se encuentra a orillas de la carretera. Se propone revegetar o reforestar con especies similares a las que se encontraban en el terreno previo al aprovechamiento del material.

7.6.1.4 Botadero de material

La descarga de material sin control provoca inestabilidad y provoca un aspecto visual negativo. Se propone la compactación del material para proveer estabilidad al botadero. Revegetar o reforestar con especies nativas y cercar al terminar su utilización.

7.6.2 Atmósfera

7.6.2.1 Ruido

Durante la instalación de las plantas, la operación de las mismas, el movimiento y operación de maquinaria y equipo, operación de talleres, se producirá ruido que excederá los 80 decibeles. Se propone que el personal utilice protección auditiva, que los generadores de electricidad sean aislados con paredes de material reductor de ruido.

7.6.2.2 Aire

Existe desprendimiento de partículas durante la excavación, carga y transporte de material. Se propone el riego de las vías de acceso y el uso obligatorio de lonas para todos los camiones de acarreo.

La operación de las plantas trituradora y asfalto, y la circulación de vehículos generan gases producidos por la combustión, los que provocan mala calidad del aire. Se propondrá un plan de mantenimiento del sistema de filtración de las plantas, maquinaria y equipo.

7.6.2.3 Clima

Existirán emanaciones de dióxido de carbono considerado como uno de los principales gases que causan el efecto invernadero. Se propone reforestar las orillas de la carretera a más de 2 metros de la cuneta. Los árboles absorben el CO².

7.6.2.4 Paisaje

Con la limpia chapeo y destronque, las excavaciones, los rellenos y nivelaciones del terreno el paisaje se ve afectado. Se propone reforestar con especies nativas que se adapten a la ecorregión terrestre a la que pertenecen de manera de reparar el paisaje dañado.

7.6.3 Agua

7.6.3.1 Variación del flujo

El corte de taludes y rellenos afecta el flujo de la esorrentía superficial, o el bloqueo de cauces o microcuencas por material en el botadero de material de desperdicio. Se propone que las excavaciones y rellenos mantengan una pendiente que permita el flujo y el agua no se estanque, y que el pie del talud este a más de 5 metros de los cauces y de ser necesario se construyan muros de gaviones.

7.6.3.2 Calidad del agua

Debido a la operación de las plantas y maquinaria pesada se puede provocar la filtración de combustibles y lubricantes al subsuelo o en las aguas superficiales de ríos debido a derrames y fugas. Se propone realizar un plan de mantenimiento de maquinaria y equipo, la revisión periódica de las mangueras de combustibles y lubricantes y la utilización de repuestos de buena calidad. Contar con el equipo adecuado para coleccionar los lubricantes o combustibles que se puedan derramar.

Aplicar enzimas o bacterias que remuevan la parte contaminante del suelo cuando el impacto sea grave. Lavar el suelo con detergente biodegradable cuando el impacto sea menor. La planta de asfalto generará residuos líquidos contaminados, por lo que su inadecuada descarga contaminará los mantos freáticos y los cuerpos de agua cuando la planta se instale cerca de estos. Se propone construir un sistema de tratamiento que no afecte en forma negativa el suelo, agua o aire. La filtración de aguas residuales por la basura contaminará el manto freático. Se propone la utilización de baños portátiles en las áreas de trabajo de campo y letrinas en el campamento. Instalar toneles para desechos en cada área de trabajo y designar un vehículo que los recolecte diariamente.

7.6.4 Aspectos Ecológicos

7.6.4.1 Vegetación, Habitats y migración de especies

El chapeo y destronque, las excavaciones, el riego de imprimación y la colocación de la carpeta asfáltica dañará la vegetación aledaña al tramo, provocará la migración de especies debido a la pérdida de su hábitat. Se propone reforestar las orillas del tramo con especies nativas que se adapten a la ecorregión a la que pertenecen, de manera que exista migración de especies hacia las áreas reforestadas.

7.6.5 Aspectos Sociales

7.6.5.1 Calidad de vida

Si existen viviendas a menos de 200 metros de las plantas trituradora y de asfalto, los habitantes de estas residencias se verán afectados directamente por su operación.

No podrá instalarse una planta de trituración o asfalto a menos de cien metros de una vivienda o comercio. Se les informará a los propietarios de los terrenos aledaños sobre la instalación de la planta y el tiempo que durará la producción. Se propone la siembra de barreras vegetativas alrededor del terreno donde se instalarán las plantas.

7.6.5.2 Seguridad

Daño a la salud de los trabajadores por accidentes. Se propone el uso de equipo de protección personal como botas con punta de acero, guantes largos resistentes al calor, casco, protección visual, auditiva y respiratoria, y capacitar al personal sobre uso del equipo, la utilización extinguidores, botones de emergencia para el corte de suministro de combustibles o energía, como acciones en caso de emergencia, y la implementación de planes de contingencia. Contar con un botiquín implementado para emergencias

7.7 Seguimiento y Vigilancia Ambiental

Para dar seguimiento de manera adecuada a las medidas de mitigación y afrontar las consecuencias que desde el punto de vista ambiental generará la instalación del proyecto, se propondrá un programa de monitoreo con el fin de reajustar aquellas medidas de prevención, mitigación y/o corrección que no estén dando los resultados previstos. Por tanto, el monitoreo consistirá en la verificación periódica requerida de las medidas de mitigación y/o corrección, orientadas a vigilar el adecuado funcionamiento del proyecto y su compatibilidad ambiental con el entorno natural.

7.8 CANTIDADES DE TRABAJO PARA LA MITIGACIÓN AMBIENTAL

A continuación se presentan las actividades que deberán incluirse dentro de los costos de construcción de la obra para que sean ejecutadas por la municipalidad.

Algunas de las actividades no se pueden indicar con detalle debido a que todo el tramo es apertura de camino. Corresponde a la municipalidad y al supervisor de la obra definir con exactitud los sitios y actividades donde se implementaran estas acciones.

No.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
1	<p>A lo largo del trazo entre las estaciones 1+540 y 1+740 del lado izquierdo de la carretera se ubican algunos taludes que por su altura quedarán expuestos a la erosión luego de los cortes. En su conjunto, la longitud de los taludes es de aproximadamente 200 metros y la altura media de la protección será de 5 metros, lo que hace un área a proteger de 1,000 metros cuadrados; para evitar la erosión y proteger la infraestructura de la carretera, deben revegetarse estos taludes mediante el uso de gramíneas presentes en la región, las cuales se sembrarán por el método de tepes.</p> <p>La medida será por metro cuadrado de talud debidamente protegido mediante la siembra de gramíneas.</p>
2	<p>Aproximadamente 10,000 metros cuadrados se utilizarán para la ubicación de campamentos, éstas áreas deben limpiarse, reconformarse y reforestarse con 1,000 árboles de especies propias de la zona, los hoyos para la siembra deben ser de las siguientes dimensiones 30X30X30 centímetros, las plantas deben tener una altura mínima de 50 centímetros al momento de siembra.</p> <p>La medida será por planta debidamente sembrada y pegada.</p>

<p>3</p>	<p>Aproximadamente 10,000 metros cuadrados se utilizarán para la disposición de material de desperdicio, éstas áreas deben limpiarse, reconformarse y reforestarse con 1,000 árboles de especies propias de la zona, los hoyos para la siembra deben ser de las siguientes dimensiones 30X30X30 centímetros, las plantas deben tener una altura mínima de 50 centímetros al momento de siembra.</p> <p>La medida será por planta debidamente sembrada y pegada.</p>
<p>4</p>	<p>Los material selectos para las capas de base y sub-base se extraen de los bancos de material, finalizada la extracción y para evitar la erosión e impacto visual, se deben sembrar 500 árboles, previo a realizar la siembra deben abrirse agujeros de 30X30X30 centímetros, los árboles deben ser de especies propias de la zona y tener una altura mínima de 50 centímetros al momento de la siembra.</p> <p>La medida será por planta debidamente sembrada y pegada.</p>

8. RIESGO Y VULNERABILIDAD

8.1 Desastre

Se le denomina desastre a un fenómeno natural o inducido que produce daños y/o pérdidas económicas, tecnológicas, sociales, políticas o de otra índole. Un desastre es un proceso social inducido por un evento físico. Dicho evento puede ser normal, cuando no se aleja más allá de su área de influencia, y extraordinario cuando la sobrepasa. Por ejemplo, un huracán de alta intensidad puede ser normal cuando no afecta al hombre y se desarrolla en un espacio donde no es más que un fenómeno atmosférico, pero constituye un evento extraordinario cuando afecta a los humanos y sus intereses.

Los desastres pueden ser catalogados como desastre natural cuando es ocasionado por un fenómeno producto de la naturaleza, y desastre inducido cuando es ocasionado por la influencia humana. Así pues, un fenómeno natural puede convertirse en una amenaza natural cuando los intereses del ser humano corren peligro. Por lo tanto, pueden ser catalogados como peligrosos los fenómenos de naturaleza atmosférica, geológica e hidrológica. Un evento físico como la erupción de un volcán, pero que no afecta a los intereses humanos es un fenómeno natural, y no una amenaza natural. Cuando un fenómeno natural ocurre en un área poblada, se le considera como un evento peligroso. Cuando un evento peligroso causa fatalidades y/o serios daños, más allá de la capacidad de la sociedad a responder, es un desastre natural.

Un desastre no es un proceso puramente natural, sino que es un evento natural que ocurre donde hay actividades humanas. Es importante comprender que la intervención del hombre puede aumentar la frecuencia y severidad de los eventos naturales, también puede eliminarlos o reducirlos.

8.2 Fenómenos Naturales Potencialmente Peligrosos

Atmosféricos

- Granizo
- Huracanes
- Incendios naturales
- Tornados
- Tormentas tropicales

Sísmicos

- Fallas
- Temblores
- Dispersiones laterales
- Tsunamis (olas gigantes)

Hidrológicos

- Inundación costera
- Erosión y sedimentación
- Desbordamiento de ríos
- Olas ciclónicas

Volcánicos

- Cenizas
- Gases

- Flujo de lava
- Corrientes de lodo
- Proyectiles y explosiones laterales
- Flujos piro clásticos

Otras amenazas geológicas / hidrológicas

- Avalanchas de ripio
- Suelos expansivos
- Deslizamientos
- Desprendimiento de rocas

8.3 Riesgo

Es definido como la probabilidad de alcanzar daño o sufrir pérdidas o destrucción. En relación con los desastres, el riesgo ha sido descrito más específicamente como la probabilidad de ocurrencia de un desastre. Utilizando términos cualitativos, el grado de probabilidad puede ser clasificado como bajo, medio y alto.

8.4 Análisis de Peligrosidad o Amenaza

Los desastres resultan de vulnerabilidad cuando se esta expuesto a un peligro potencial como resultado de un fenómeno. De esta cuenta el primer paso al tomar cualquier medida de mitigación es considerar:

- La naturaleza, severidad y frecuencia del evento que amenaza.
- El área que potencialmente será afectada.
- El tiempo y duración del impacto.

El análisis de peligrosidad principia con la adquisición de datos, series existentes y mapas de zonas peligrosas; datos científicos (meteorológicos, hidrológicos, sismológicos, vulcanológicos, etc.) los cuales deben ser analizados. Finalmente se llega a expresar la probabilidad de ocurrencia del evento en términos de tiempo.

Las probabilidades son calculadas basándose en datos científicos y datos históricos, la forma más adecuada de presentar un análisis de peligrosidad es por medio de mapas de zonas de peligro y estos deben expresar la intensidad (fuerza o impacto) de algún peligro conocido en cada área.

8.5 Análisis de Vulnerabilidad

Habiendo establecido las dimensiones de espacio-tiempo e intensidad de la incidencia del peligro, así como sus características generales, el segundo paso es el análisis de vulnerabilidad. Este proceso es empleado para identificar aquellas condiciones derivadas de la exposición a un evento natural. Este trata de determinar los componentes críticos, débiles o susceptibles de daño o de interrupción en las construcciones o medidas de emergencia que se requieren a la hora de ocurrencia de un evento, este análisis proporciona un entendimiento del grado de exposición de las personas o la infraestructura. En términos generales, el análisis de vulnerabilidad suministra información en los sectores de riesgos físicos y sociales, y del tipo de peligro.

8.6 Vulnerabilidad Física

Esta vulnerabilidad está directamente relacionada con las edificaciones afectadas y la infraestructura. Se centra la atención mayormente en la parte estructural, la cual es afectada por el lugar, diseño, contorno, materiales empleados, técnicas de construcción y mantenimiento.

El peso asignado a cada uno de estos factores variará de acuerdo con el tipo de peligro identificado. Diferentes peligros producen diferentes fuerzas que afectan nuestras estructuras. Es importante saber que cada tipo de peligro se estudia por separado, y al finalizar se superponen todos estos, como si se tratara de una envolvente de peligrosidad.

La vulnerabilidad de la infraestructura también es específica, dependiendo del tipo de peligro. La infraestructura puede ser agrupada considerando tres grupos:

- Sistemas de soporte: Agua potable, alcantarillado y electricidad.
- Telecomunicaciones.
- Sistemas de transporte: Carreteras, trenes, puentes, aeropuertos.

8.7 Vulnerabilidad Social

Aunque en este estudio esta parte de la vulnerabilidad no pareciera significativa, es importante reconocer que cada una de nuestras estructuras o dispositivos fueron o están siendo creadas para satisfacer alguna necesidad del ser humano. Motivo por el cual se debe realizar un estudio de las características sociales, las cuales enfatizan en categorías especiales de grupos vulnerables, sustentos en riesgo, percepción de riesgos, existencia de instituciones locales y el grado de pobreza.

Los grupos sociales que requieren de atención especial son:

- Familias con un solo padre de familia.
- Mujeres, particularmente cuando están en período de gestación o lactancia.
- Personas discapacitadas física y mentalmente.
- Niños y ancianos.

Todos estos aspectos son de vital importancia a la hora de efectuar un análisis de vulnerabilidad en un sistema vial, ya que son a estas personas a las que se estará dotando de vías de evacuación o traslado, en caso que una región no cuente con los requerimientos necesarios al momento de un evento.

8.8 Vulnerabilidad Económica

La vulnerabilidad económica mide el riesgo de los daños causando pérdidas de recursos y procesos. Se enfatiza en la evaluación del potencial de pérdidas directas, por ejemplo: El daño o destrucción de infraestructura física y social, su reparación o costo de reemplazo. El potencial de pérdidas indirectas, por ejemplo: El impacto de pérdida de producción por ausencia de mano de obra, interrupción total o parcial del transporte de productos, etc. Con la visión que provee el análisis de vulnerabilidad económica, es posible estimar las pérdidas directas e indirectas y diseñar formas y medios para su mitigación en relación al costo estimado de acciones de recuperación y medidas de mitigación requeridas.

En todas las fases de valoración de pérdidas, la principal fuente de datos es la información de daños ocurridos en desastres anteriores. Es necesario mantener un record preciso de estos momentos culminantes. De estos datos se

pueden obtener predicciones de probables pérdidas futuras en situaciones similares de desastres naturales. En el análisis de vulnerabilidad económica se justifica realmente el gasto en los programas de mitigación. Además debe tomar en cuenta las pérdidas indirectas como lo podría ser la paralización total o parcial de la producción o la industrial.

8.9 Requerimiento de Recursos

Luego de trazar los riesgos y analizar la vulnerabilidad, los recursos para mitigar las amenazas son necesarios y deben ser evaluados. Si el peligro de pérdidas potenciales es grande, se necesitará probablemente un correspondiente alto nivel de recursos para su mitigación. El objetivo es tener un balance entre el daño y los recursos.

8.10 Medidas de Mitigación

Anteriormente se ha delineado el proceso de valoración del riesgo en etapas secuenciales. Se pueden obtener tres conclusiones. Primero: Así como el riesgo aumenta, la precaución de las personas también cambiará, modificando su aceptación del riesgo y su demanda de mayores niveles de protección. Segundo: La valoración del riesgo es beneficio para otras actividades además de las del manejo de desastres propiamente dicho, tales como manejo de recursos ambientales y naturales, planeamiento y desarrollo económico. Tercero: Se pueden adoptar medidas de mitigación o conjunto de acciones y obras a implementar antes del impacto de las amenazas para disminuir la vulnerabilidad de los dispositivos y sistemas.

La mitigación de desastres enfatiza minimizar la destrucción, aumentando la capacidad de respuesta ante la presencia de un evento desastroso. Con una planeación adecuada, la mayoría de medidas de mitigación pueden ser integradas dentro de un desarrollo normal de actividades a un costo relativamente modesto, y puede ser aun más fácil incorporarlo a nuevas actividades de inversión.

Algunos ejemplos simples de medidas de mitigación son: Reforzar los enfoques de los puentes para que sean mas resistentes contra las crecidas de los ríos, colocar estructuras hidráulicas para regular la cantidad y velocidad del flujo en un canal relacionado con la estructura o propiedad, colocar barreras estabilizadoras de taludes, o simplemente adecuar el diseño de taludes de acuerdo con las características geotécnicas del material con el que se trabaja. Pueden utilizarse especificaciones o códigos de construcción a las que se les pueden clasificar dentro de las medidas no estructurales.

8.11 Clasificación y Análisis de Desastres en Carreteras

Desastres Naturales

- Inundaciones
- Huracanes y ciclones
- Terremotos
- Erupciones volcánicas
- Deslizamiento de tierra

Desastres Antropológicos

- Mal diseño geométrico
- Mala construcción
- Mala señalización
- Falta de educación vial del usuario
- Colapso de embalses

Desastres Naturales Inducidos por Alteraciones en el Ciclo Natural

- Deforestación
- Uso del suelo
- Contaminación de la atmósfera
- Construcción de embalses
- Contaminación de los cursos de agua
- Cortes de tierra que afectan la isóstasia (equilibrio de la corteza terrestre)

Es necesario que en la planificación y ejecución de proyectos viales se evalúen todas las medidas preventivas o de mitigación para reducir el riesgo de desastres que en la actualidad se manifiestan de manera dramática sobre personas, bienes y servicios, por lo que como parte de un proceso de desarrollo se deben tomar medidas en todos los niveles involucrados en el mismo.

9. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y PROGRAMA DE EJECUCIÓN

En este capítulo se presentan los costos de construcción y el cronograma de ejecución. Se consideró que la construcción será realizada por la administración municipal, por lo que se calcularon solo los costos directos.

9.1 Cantidades de Trabajo

Tabla X. Cuadro de Cantidades Estimadas de Trabajo

RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO			
152	Replanteo y levantamiento topográfico para construcción	Km	4.20
TERRACERÍA			
202.03	Limpia, chapeo y destronque	Ha	4.2000
203.04 (b)	Excavación no clasificada	m ³	23,880.00
203.04 (c)	Excavación no clasificada de material de desperdicio	m ³	124,593.00
203.04 (e)	Prevención de derrumbes	m ³	19,614.00
203.04 (f)	Cortes en roca	m ³	4,000.00
205.05	Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales	m ³	426.60
205.06	Excavación estructural para alcantarillas	m ³	1,485.00
208.06	Acarreo	m ³ -Km	49,722.38
PAVIMENTO			
301	Reacondicionamiento de subrasante	m ²	39,900.00
303	Capa de sub base común	m ³	6,085.80
305.01(b)	Capa de base de grava	m ³	3,836.70
401.20 (b)	Concreto asfáltico	Ton	5,186.16
401.20 (c)	Cemento asfáltico	Gal	67,938.70
407	Riego de imprimación	Gal	11,245.50
408	Riego de liga	Gal	3,528.00
ESTRUCTURAS DE DRENAJE			
603.01(30")	Alcantarillas de metal corrugado de 30 pulgadas	m	228.00
603.01(36")	Alcantarillas de metal corrugado de 36 pulgadas	m	28.00
603.01(42")	Alcantarillas de metal corrugado de 42 pulgadas	m	10.00
603.01(60")	Alcantarillas de metal corrugado de 60 pulgadas	m	10.00
607.08	Cajas y cabezales de mampostería de piedra	m ³	213.93
608.03	Cunetas revestidas de piedra ligada con mortero	m ²	2,720.00
SEÑALIZACIÓN			
707.02	Señales de kilometraje de metal	Unidad	10.00
707.02 (i)	Rótulos de metal de identificación del proyecto	Unidad	2.00
ASPECTOS AMBIENTALES			
804	Siembra de gramíneas para la protección de taludes	m ²	1,000.00
804	Reforestación del area de campamento	árbol	1,000.00
804	Reforestación de botadero	árbol	1,000.00
804	Reforestación de banco de material	árbol	500.00
CONTROL DEL TRABAJO			
105.06 (c)	Planos finales de la obra construida	Unidad	7.00

9.2 Modelo de integración de costos

Tabla XI. INTEGRACION DE COSTO UNITARIO

**Camino Aldea El Rodeo - Caserío Plan Redondo
Municipio San José La Arada, Departamento de Chiquimula**

Renglón: Capa de base de grava

Rendimiento: 300 m³/día

MAQUINARIA

Cantidad	Descripción	Hrs/trabajo	Costo/hora	Total
2	Motoniveladora	8	Q 300.00	Q 4,800.00
2	Vibrocompactadora	8	Q 180.00	Q 2,880.00
2	Camión cisterna de 2,000 gls	8	Q 110.00	Q 1,760.00
2	Retroexcavadora	8	Q 200.00	Q 3,200.00
6	Camiones de volteo de 10 m ³	8	Q 100.00	Q 4,800.00
			Subtotal	Q 17,440.00

(a)

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Hrs/trabajo	Costo/hora	Total
1	Ingeniero	8	Q 80.00	Q 640.00
1	Caporal	8	Q 30.00	Q 240.00
16	Peones	8	Q 12.00	Q 1,536.00
			Subtotal	Q 2,416.00

(b)

HERRAMIENTAS

Se considera un 5% del subtotal de mano de obra		Subtotal	Q 120.80
--	--	-----------------	-----------------

(c)

MATERIALES

Cantidad	Descripción	UNIDAD	Costo/unit	Total
300	Material de base de grava	m ³	Q 80.00	Q 24,000.00
			Subtotal	Q 24,000.00

(d)

Total Costo Directo Σ (a)+(b)+(c)+(d)

Q 43,976.80

Total por m³:

Q 146.59

9.3 Memoria de Cálculo de Costos Unitarios

Tabla XII. Memoria de cálculo de los costos de construcción

Municipio: SAN JOSÉ LA ARADA
 Departamento: CHIQUIMULA
 APERTURA DE CAMINO ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO
 Longitud Estimada del Proyecto: 4.2 km
Memoria de Cálculo de Costos Unitarios

RENGLÓN	UNIDAD	MAQUINARIA	HERRAMIENTAS	MATERIALES	PERSONAL	COSTO UNITARIO
Replanteo y levantamiento topográfico para construcción	Km	Q 100.00	Q 50.00	Q -	Q 2,500.00	Q 2,650.00
Limpia, chapeo y destronque	Ha	Q 5,000.00	Q 500.00	Q -	Q 2,500.00	Q 8,000.00
Excavación no clasificada	m ³	Q 12.00	Q 1.00	Q -	Q 5.00	Q 18.00
Excavación no clasificada de material de desperdicio	m ³	Q 10.00	Q 1.00	Q -	Q 5.00	Q 16.00
Prevención de derrumbes	m ³	Q 10.00	Q 1.00	Q -	Q 5.00	Q 16.00
Cortes en roca	m ³	Q 110.00	Q 20.00	Q 100.00	Q 15.00	Q 245.00
Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales	m ³	Q 15.00	Q 2.50	Q -	Q 10.00	Q 27.50
Excavación estructural para alcantarillas	m ³	Q 15.00	Q 3.00	Q -	Q 10.00	Q 28.00
Acarreo	m ³ -Km	Q 5.00	Q -	Q -	Q 2.00	Q 7.00
Reacondicionamiento de subrasante	m ²	Q 1.50	Q 0.50	Q -	Q 1.00	Q 3.00
Capa de sub base común	m ³	Q 60.00	Q 2.00	Q 25.00	Q 8.00	Q 95.00
Capa de base de grava	m ³	Q 58.13	Q 0.41	Q 80.00	Q 8.05	Q 146.59
Concreto asfáltico	Ton	Q 10.00	Q 1.00	Q 210.00	Q 5.00	Q 226.00
Cemento asfáltico	Gal	Q 5.00	Q -	Q 12.00	Q 1.00	Q 18.00
Riego de imprimación	Gal	Q 5.00	Q -	Q 14.00	Q 2.00	Q 21.00
Riego de liga	Gal	Q 5.00	Q -	Q 14.00	Q 2.00	Q 21.00
Alcantarillas de metal corrugado de 30 pulgadas	m	Q 100.00	Q 5.00	Q 500.00	Q 100.00	Q 705.00
Alcantarillas de metal corrugado de 36 pulgadas	m	Q 100.00	Q 5.00	Q 600.00	Q 100.00	Q 805.00
Alcantarillas de metal corrugado de 42 pulgadas	m	Q 100.00	Q 5.00	Q 725.00	Q 100.00	Q 930.00
Alcantarillas de metal corrugado de 60 pulgadas	m	Q 100.00	Q 5.00	Q 1,400.00	Q 150.00	Q 1,655.00
Cajas y cabezales de mampostería de piedra	m ³	Q 20.00	Q 20.00	Q 400.00	Q 100.00	Q 540.00
Cunetas revestidas de piedra ligada con mortero	m ²	Q 5.00	Q 2.00	Q 30.00	Q 5.00	Q 42.00
Señales de kilometraje de metal	Unidad	Q -	Q 30.00	Q 250.00	Q 25.00	Q 305.00
Rótulos de metal de identificación del proyecto	Unidad	Q -	Q 500.00	Q 5,500.00	Q 1,000.00	Q 7,000.00
Siembra de gramíneas para la protección de taludes	m ²	Q -	Q 10.00	Q 10.00	Q 2.50	Q 22.50
Reforestación del area de campamento	árbol	Q 2.50	Q 2.00	Q 6.00	Q 2.00	Q 12.50
Reforestación de botadero	árbol	Q 2.50	Q 2.00	Q 6.00	Q 2.00	Q 12.50
Reforestación de banco de material	árbol	Q 2.50	Q 2.00	Q 6.00	Q 2.00	Q 12.50
Planos finales de la obra construida	Unidad	Q -	Q 100.00	Q 100.00	Q 1,000.00	Q 1,200.00

9.4 Costos Unitarios y Costos Totales

Tabla XIII. Cantidades de trabajo, Costos unitarios y Costos totales

Municipio: SAN JOSÉ LA ARADA
 Departamento: CHIQUIMULA
 APERTURA DE CAMINO ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO
 Longitud Estimada del Proyecto: 4.2 km

Cuadro de Cantidades Estimadas de Trabajo, Costos Unitarios y Costos Totales

RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO					
152	Replanteo y levantamiento topográfico para construcción	Km	4.20	Q 2,650.00	Q 11,130.00
TERRACERÍA					
202.03	Limpia, chapeo y destronque	Ha	4.2000	Q 8,000.00	Q 33,600.00
203.04 (b)	Excavación no clasificada	m³	23,880.00	Q 18.00	Q 429,840.00
203.04 (c)	Excavación no clasificada de material de desperdicio	m³	124,593.00	Q 16.00	Q 1,993,488.00
203.04 (e)	Prevención de derrumbes	m³	19,614.00	Q 16.00	Q 313,824.00
203.04 (f)	Cortes en roca	m³	4,000.00	Q 245.00	Q 980,000.00
205.05	Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales	m³	426.60	Q 27.50	Q 11,731.50
205.06	Excavación estructural para alcantarillas	m³	1,485.00	Q 28.00	Q 41,580.00
208.06	Acarreo	m³-Km	49,722.38	Q 7.00	Q 348,056.66
PAVIMENTO					
301	Reacondicionamiento de subrasante	m²	39,900.00	Q 3.00	Q 119,700.00
303	Capa de sub base común	m³	6,085.80	Q 95.00	Q 578,151.00
305.01(b)	Capa de base de grava	m³	3,836.70	Q 146.59	Q 562,421.85
401.20 (b)	Concreto asfáltico	Ton	5,186.16	Q 226.00	Q 1,172,072.16
401.20 (c)	Cemento asfáltico	Gal	67,938.70	Q 18.00	Q 1,222,896.60
407	Riego de imprimación	Gal	11,245.50	Q 21.00	Q 236,155.50
408	Riego de lija	Gal	3,528.00	Q 21.00	Q 74,088.00
ESTRUCTURAS DE DRENAJE					
603.01(30")	Alcantarillas de metal corrugado de 30 pulgadas	m	228.00	Q 705.00	Q 160,740.00
603.01(36")	Alcantarillas de metal corrugado de 36 pulgadas	m	28.00	Q 805.00	Q 22,540.00
603.01(42")	Alcantarillas de metal corrugado de 42 pulgadas	m	10.00	Q 930.00	Q 9,300.00
603.01(60")	Alcantarillas de metal corrugado de 60 pulgadas	m	10.00	Q 1,655.00	Q 16,550.00
607.08	Cajas y cabezales de mampostería de piedra	m³	213.93	Q 540.00	Q 115,522.20
608.03	Cunetas revestidas de piedra ligada con mortero	m²	2,720.00	Q 42.00	Q 114,240.00
SEÑALIZACIÓN					
707.02	Señales de kilometraje de metal	Unidad	10.00	Q 305.00	Q 3,050.00
707.02 (i)	Rótulos de metal de identificación del proyecto	Unidad	2.00	Q 7,000.00	Q 14,000.00
ASPECTOS AMBIENTALES					
804	Siembra de gramíneas para la protección de taludes	m²	1,000.00	Q 22.50	Q 22,500.00
804	Reforestación del área de campamento	árbol	1,000.00	Q 12.50	Q 12,500.00
804	Reforestación de botadero	árbol	1,000.00	Q 12.50	Q 12,500.00
804	Reforestación de banco de material	árbol	500.00	Q 12.50	Q 6,250.00
CONTROL DEL TRABAJO					
105.06 (c)	Planos finales de la obra construida	Unidad	7.00	Q 1,200.00	Q 8,400.00
TOTAL				Q	8,646,827.47

9.5 Cronograma de Ejecución Física y Financiera

Tabla XIV. Cronograma de ejecución física y financiera. Hoja 1

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE LA ARADA																		
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA																		
APERTURA DE CARRETERA																		
TRAMO: ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO																		
Longitud: 4.20 km																		
REGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	MONTO	RENDIMIENTO MES	TIEMPO MESES	MES										TOTALES
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
152	Replanteo y levantamiento topográfico para construcción	Km	4.20	2,650.00	11,130.00	1.00	4.20	20.00%	20.00%	30.00%	30.00%						100.00%	
								0.84	0.84	1.26	1.26						4.20	
								2,226.00	2,226.00	3,339.00	3,339.00						11,130.00	
								100.00%									100.00%	
								2.00									2.00	
								14,000.00									14,000.00	
707.02(i)	Rótulos de metal de identificación del proyecto	u	2.00	7,000.00	14,000.00	2.00	1.00										100.00%	
																	2.00	
																	14,000.00	
202.03	Limpia, chapeo y destronque	Ha	4.20	8,000.00	33,600.00	2.00	2.10	20.00%	20.00%	30.00%	30.00%						100.00%	
								0.84	0.84	1.26	1.26						4.20	
								6,720.00	6,720.00	10,080.00	10,080.00						33,600.00	
205.06	Excavación estructural para alcantarillas	m³	1,485.00	28.00	41,580.00	400.00	3.71	10.00%	25.00%	25.00%	40.00%						100.00%	
								148.50	371.25	371.25	594.00						1,485.00	
								4,158.00	10,395.00	10,395.00	16,632.00						41,580.00	
603.01(30")	Alcantarillas de metal corrugado de 30 plg	m	228.00	705.00	160,740.00	125.00	1.82		30.00%	30.00%	40.00%						100.00%	
									68.40	68.40	91.20						228.00	
									48,222.00	48,222.00	64,296.00						160,740.00	
603.01(36")	Alcantarillas de metal corrugado de 36 plg	m	28.00	805.00	22,540.00	15.00	1.87		30.00%	30.00%	40.00%						100.00%	
									8.40	8.40	11.20						28.00	
									6,762.00	6,762.00	9,016.00						22,540.00	
607.08	Cajas y cabezales de mampostería de piedra	m³	213.93	540.00	115,522.20	125.00	1.71		20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%				100.00%	
									42.79	42.79	42.79	42.79	42.79				213.93	
									23,104.44	23,104.44	23,104.44	23,104.44	23,104.44				115,522.20	
603.01(42")	Alcantarillas de metal corrugado de 42 plg	m	10.00	930.00	9,300.00	10.00	1.00		50.00%	50.00%							100.00%	
									5.00	5.00							10.00	
									4,650.00	4,650.00							9,300.00	
603.01(60")	Alcantarillas de metal corrugado de 60 plg	m	10.00	1,655.00	16,550.00	10.00	1.00		50.00%	50.00%							100.00%	
									5.00	5.00							10.00	
									8,275.00	8,275.00							16,550.00	
301	Reacondicionamiento de subrasante	m²	39,900.00	3.00	119,700.00	8,000.00	4.99		20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%				100.00%	
									7,980.00	7,980.00	7,980.00	7,980.00	7,980.00				39,900.00	
									23,940.00	23,940.00	23,940.00	23,940.00	23,940.00				119,700.00	
203.04(b)	Excavación no clasificada	m³	23,880.00	18.00	429,840.00	5,500.00	4.34		20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%				100.00%	
									4,776.00	4,776.00	4,776.00	4,776.00	4,776.00				23,880.00	
									85,968.00	85,968.00	85,968.00	85,968.00	85,968.00				429,840.00	
203.04(c)	Excavación no clasificada de material de desperdicio	m³	124,593.00	16.00	1,993,488.00	25,000.00	4.98		20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%				100.00%	
									24,918.60	24,918.60	24,918.60	24,918.60	24,918.60				124,593.00	
									398,697.60	398,697.60	398,697.60	398,697.60	398,697.60				1,993,488.00	
203.04(e)	Prevención de derrumbes	m³	19,614.00	16.00	313,824.00	4,000.00	4.90		20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%				100.00%	
									3,922.80	3,922.80	3,922.80	3,922.80	3,922.80				19,614.00	
									62,764.80	62,764.80	62,764.80	62,764.80	62,764.80				313,824.00	
205.05	Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales	m³	426.60	27.50	11,731.50	100.00	4.27		25.00%	25.00%	25.00%	25.00%					100.00%	
									106.65	106.65	106.65	106.65					426.60	
									2,932.88	2,932.88	2,932.88	2,932.88					11,731.50	
203.04(f)	Cortes en roca	m³	4,000.00	245.00	980,000.00	1,000.00	4.00		25.00%	25.00%	25.00%	25.00%					100.00%	
									1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00					4,000.00	
									245,000.00	245,000.00	245,000.00	245,000.00					980,000.00	
208.06	Acarreo	m³-km	49,722.38	7.00	348,056.66	10,000.00	4.97		25.00%	25.00%	25.00%	25.00%					100.00%	
									12,430.60	12,430.60	12,430.60	12,430.60					49,722.38	
									87,014.17	87,014.17	87,014.17	87,014.17					348,056.66	

Tabla XIV. Cronograma de ejecución física y financiera. Hoja 2

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE LA ARADA																				
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA																				
APERTURA DE CARRETERA																				
TRAMO: ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO																				
Longitud: 4.20 km																				
REGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	MONTO	RENDIMIENTO MES	TIEMPO MESES	MES										TOTALES		
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
303	Capa de sub base común	m²	6,085.80	95.00	578,151.00	1,300.00	4.68											100.00%	6,085.80	578,151.00
305.01(b)	Capa de base de grava	m³	3,836.70	146.59	562,421.85	800.00	4.80											100.00%	3,836.70	562,421.85
407	Riego de imprimación	Gal	11,245.50	21.00	236,155.50	3,000.00	3.75											100.00%	11,245.50	236,155.50
608.01	Cunetas revestidas de piedra ligada con mortero	m²	2,720.00	42.00	114,240.00	1,000.00	2.72											100.00%	2,720.00	114,240.00
401.20(b)	Concreto asfáltico	Ton	5,186.16	226.00	1,172,072.16	1,100.00	4.71											100.00%	5,186.16	1,172,072.16
401.20 (c)	Cemento asfáltico	Gal	67,938.70	18.00	1,222,896.60	15,000.00	4.53											100.00%	67,938.70	1,222,896.60
408	Riego de liga	Gal	3,528.00	21.00	74,088.00	1,000.00	3.53											100.00%	3,528.00	74,088.00
707.02	Señales de kilometraje de metal	u	10.00	305.00	3,050.00	17.00	0.59											100.00%	10.00	3,050.00
804	Siembra de gramíneas para la protección de taludes	m²	1,000.00	22.50	22,500.00	1,000.00	1.00											100.00%	1,000.00	22,500.00
804	Reforestación del área de campamento	Arbol	1,000.00	12.50	12,500.00	1,000.00	1.00											100.00%	1,000.00	12,500.00
804	Reforestación de botadero	Arbol	1,000.00	12.50	12,500.00	1,000.00	1.00											100.00%	1,000.00	12,500.00
804	Reforestación de banco de material	Arbol	500.00	12.50	6,250.00	500.00	1.00											100.00%	500.00	6,250.00
105.06 (c)	Planos finales de la obra construida	u	7.00	1,200.00	8,400.00	5.00	1.40											100.00%	7.00	8,400.00
COSTO TOTAL:				Q8,646,827.47																
								Porcentaje programado	0.31%	1.13%	7.97%	13.43%	14.07%	14.20%	21.10%	10.92%	9.01%	7.87%		
								Porcentaje programado acumulado	0.31%	1.44%	9.41%	22.84%	36.91%	51.10%	72.20%	83.12%	92.13%	100.00%		
								Monto estimado mensual	Q27,104.00	Q97,429.44	Q689,130.72	Q1,161,340.08	Q1,216,191.55	Q1,227,615.55	Q1,824,554.43	Q944,017.86	Q779,079.66	Q680,364.19		
								Monto estimado mensual acumulado	Q27,104.00	Q124,533.44	Q813,664.16	Q1,975,004.24	Q3,191,195.79	Q4,418,811.34	Q6,243,365.76	Q7,187,383.62	Q7,966,463.28	Q8,646,827.47		

9.6 Ficha técnica del proyecto

Datos del proyecto

Nombre	Diseño de la Carretera Aldea El Rodeo – Plan Redondo.
Ubicación	Municipio San José La Arada, Departamento de Chiquimula
Beneficiario del proyecto	Aldea El Rodeo y Caserío Plan Redondo, Municipio San José la Arada.
Presentado a	Municipalidad de San José La Arada
Desarrollado por	Rodolfo Arturo Fernández Motta, estudiante de ingeniería civil, facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala
Objetivo del Proyecto.	Desarrollar el diseño de una ruta que comunique al Caserío Plan Redondo con la Aldea el Rodeo y el municipio San José La Arada

Criterios de diseño

Tipo de topografía	Sinuosa montañosa
Tipo de carretera	Apertura de camino tipo F de terracería y a mediano plazo pavimentación de la ruta.
Período de diseño	Veinte años, y para el pavimento un periodo de quince años, a construirse cinco años después de la apertura del camino.
Dimensiones Del camino	5.50 metros de ancho de rodadura de dos carriles
Tipo de pavimento	Concreto Asfáltico

Resumen

Longitud del tramo	4.20 kilómetros
Tipo de suelo	Predominantemente arcilloso con fragmentos de roca
Clima	Semi seco, precipitación menor a la media nacional
Población a beneficiar	Aproximadamente 665 habitantes
Grado de curva máximo	Grado 70
Pendiente máxima	16 por ciento
Movimiento de tierras	148,473 m ³ de corte, 4,000 m ³ de corte en roca, 23,880 m ³ de relleno, 19,614 m ³ de corte por prevención de derrumbes.
Dimensiones de pavimento	15 centímetros de sub-base, 10 centímetros de base y 7 centímetros de concreto asfáltico
Características de drenaje	Drenaje menor de metal corrugado 20 tuberías de 30", 3 tuberías de 36", 1 tubería de 42", 1 tubería de 60"
Costo estimado	Q 8,646,827.47
Tiempo de ejecución	10 meses
Financiamiento	Se consideró la ejecución por administración municipal

CONCLUSIONES

1. Con esta planificación se da el primer paso del proceso que concluye con la construcción de la carretera, lo cual coadyuvará al crecimiento y desarrollo de las comunidades Aldea El Rodeo y Caserío Plan Redondo, las dos comunidades del Municipio San José La Arada.
2. En el análisis de la red vial del área queda clara la necesidad de una vía de comunicación vehicular para las comunidades involucradas y las que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto que, actualmente, se comunican con el municipio de Ipala, siendo comunidades del municipio San José La Arada.
3. La única alternativa encontrada para el diseño de la carretera, luego del reconocimiento de campo y de varios trazos sobre el modelo fotogramétrico, fue sobre terreno montañoso lo que hizo que el costo de construcción estimado fuera alto.
4. Los conteos vehiculares de tráfico inducido actualmente son bajos, pero se espera que con la construcción del camino estos aumentarán, lo cual justifica la planificación de la pavimentación del tramo, a mediano plazo.
5. La utilización de modelos fotogramétricos a escala conveniente, combinados con el software de aplicación a la ingeniería civil, actualmente existente, son una alternativa conveniente para la realización de estudios tanto a nivel de factibilidad, planificación u otros donde pueda ser aplicado, por la capacidad que se tiene de realizar tantos trazos como lo consideren necesarios para obtener la ruta mas

conveniente, realizando en cada intento todos los cálculos que podrían generar los mayores costos y mayores dificultades en la construcción, con rapidez y precisión.

6. Los espesores de capa calculados para la estructura de pavimento cumplen con los mínimos aceptados por la Guía para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1993, para el ESAL calculado para este proyecto.
7. Por ser un camino de apertura, el lugar y la forma de aplicación de muchas de las medidas de mitigación ambiental sugeridas no pueden especificarse con detalle, por lo que tendrán que definirse por el constructor y el supervisor en su momento.
8. El costo estimado de la obra, que fue de Q 8,646,827.47, es alto debido a que la apertura se planificó en terreno montañoso, y a que, una cuarta parte del proyecto se realiza sobre suelo rocoso.
9. Con este proyecto se está cumpliendo con el precepto de la Universidad de San Carlos y, específicamente, de la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería de contribuir con el desarrollo del país a través de las Municipalidades y dentro de cada una de las especialidades de la ingeniería.

RECOMENDACIONES

1. Actualmente, los fenómenos naturales asociados a lluvias han tenido consecuencias dramáticas sobre las poblaciones, la infraestructura vial y, obviamente, la economía, por lo que son necesarios estudios y monitoreos hidrogeológicos continuados a nivel nacional y el mantenimiento y rediseño de las obras de drenaje en las vías terrestres, ya que, no solo serian medidas para el mantenimiento de las obras, sino medidas de mitigación de desastres.
2. Para la construcción y el paso de la carretera se hace indispensable el derecho de vía, por lo que se recomienda a la Municipalidad iniciar la concientización de las comunidades sobre el beneficio de la obra y la conveniencia de ceder el derecho de vía.
3. Desarrollar un plan en el que se consideren estrictamente las medidas de mitigación de impacto ambiental y de prevención de desastres propuestas.
4. Es muy importante que las municipalidades, promuevan programas de educación acerca de desastres como medida de mitigación de estos.
5. Una vez construido el camino se deberá dar mantenimiento que incluya limpieza de cunetas y de alcantarillas, limpieza del derecho de vía, perfilado, reposición de balasto.
6. Se deberá tomar en cuenta que con la construcción del pavimento es necesaria una adecuada señalización para mantener las velocidades del proyecto y las medidas de precaución.

BIBLIOGRAFÍA

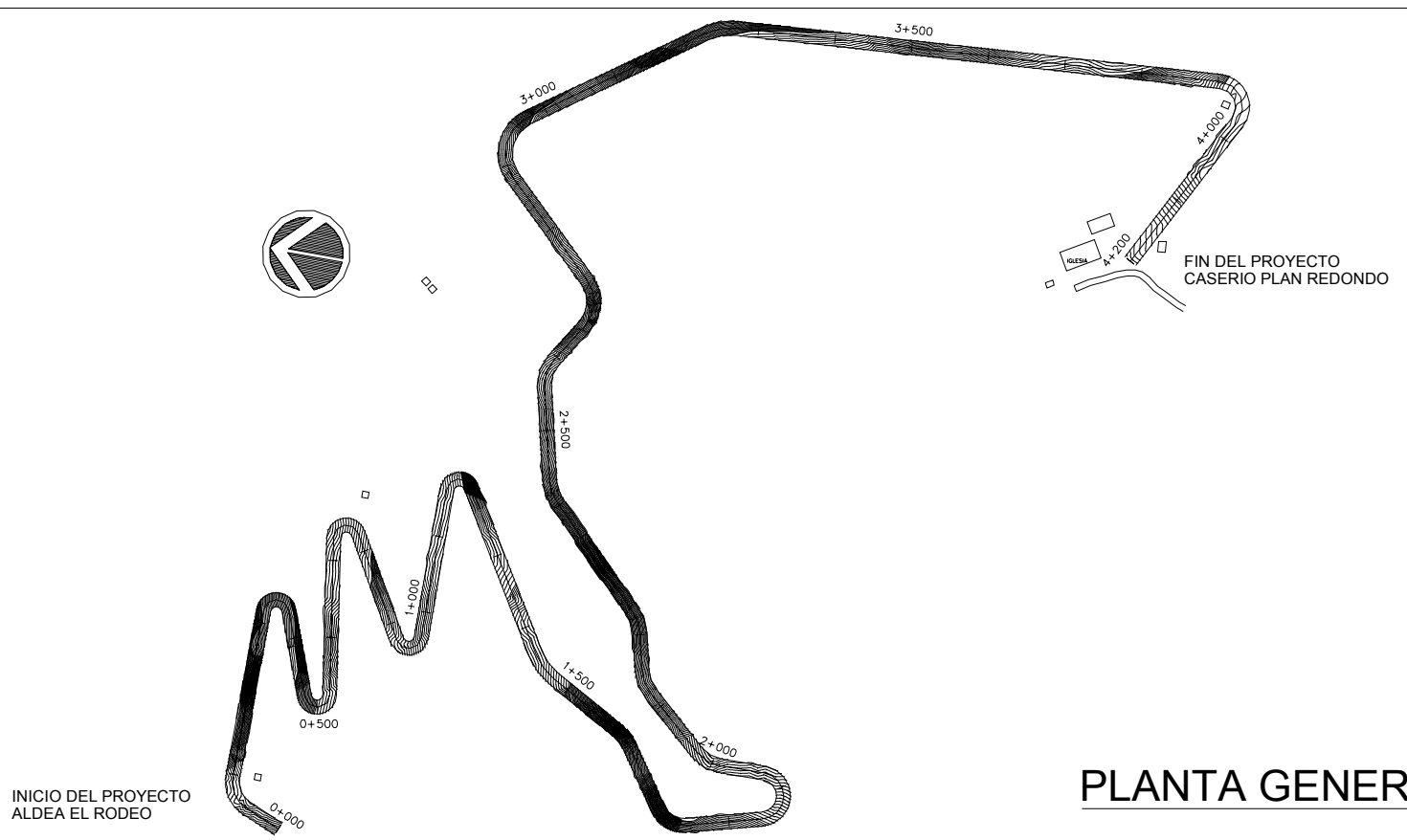
1. Canter, Larry W., **Manual de evaluación de impacto ambiental**. 2ª ed. España: Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España. 1998. 20pp
2. Coronado Iturbide, Jorge. **Manual centroamericano para diseño de pavimentos**. Costa Rica: Secretaría de integración económica Centroamericana. 2,002. 15pp.
3. Contreras Izeppi, Néstor Saúl. Diseño geométrico de carretera aldeas El Ciprés – El Tule. Tesis de Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Septiembre de 1,997.
4. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. **Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes**. Guatemala, Septiembre de 2001.
5. **Estudio de evaluación de impacto ambiental**. Guatemala: Dinámica Bioambiental, mayo de 2,005. 21pp.
6. **Manual de proyecto geométrico de carreteras**. Cuarta impresión. México: Secretaría de comunicaciones y transportes. 1991.
7. Orozco Fuentes, Élfego Odvin. **Estudio de intensidades de precipitación en la República de Guatemala, INSIVUMEH**. Guatemala: Agosto de 2,002.10pp.

8. Orozco Fuentes, Éfego Odvin. **Análisis regional de crecidas en la república de Guatemala, INSIVUMEH.** Guatemala: Julio de 2,004.5pp.

9. Valdez Hernández, Carlos Alberto. Análisis y recomendaciones para prevención de desastres en carreteras. Tesis Ing. Civil, Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Noviembre de 2,003. 12pp.

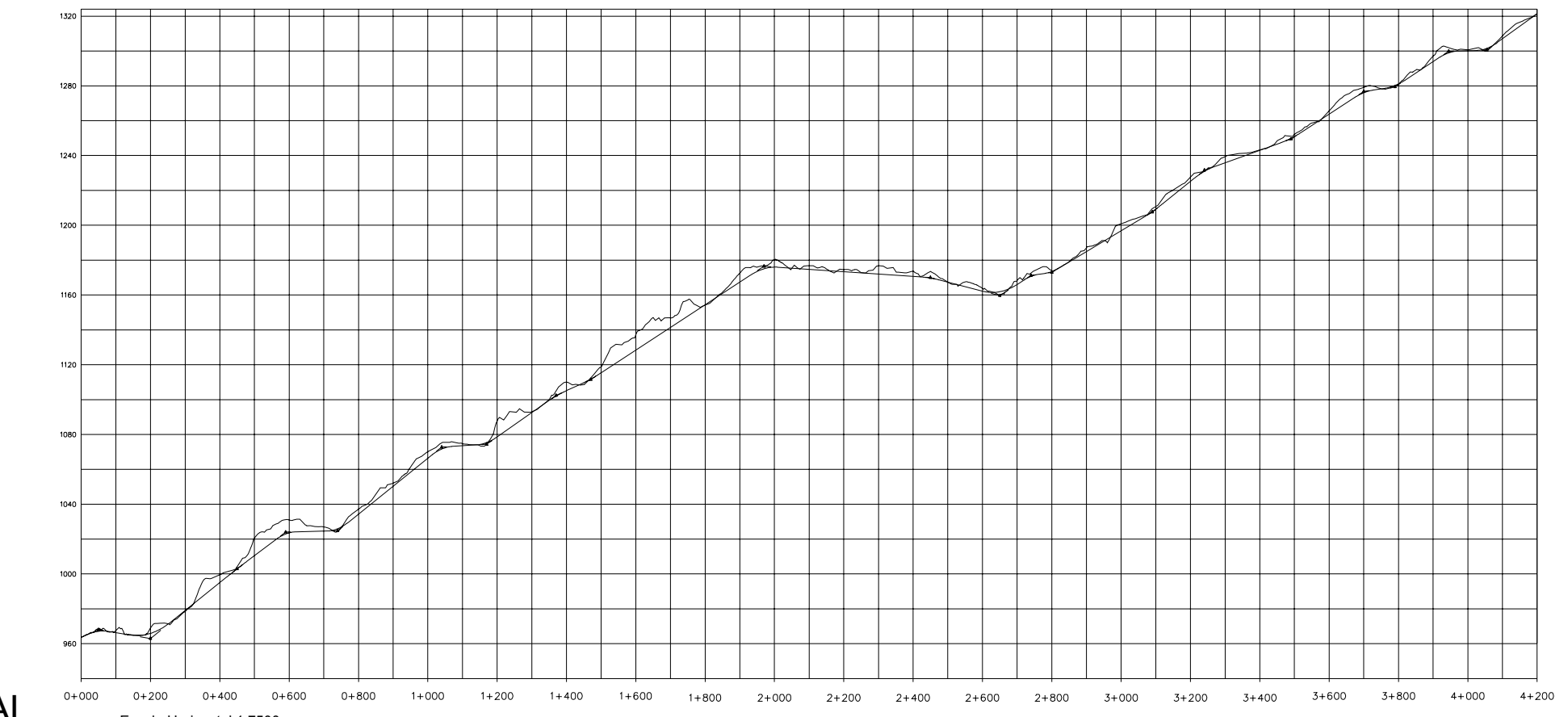
APÉNDICES

**PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y DETALLES DE
CONSTRUCCIÓN**




PLANTA GENERAL

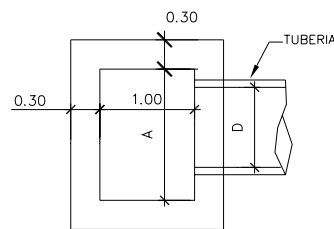
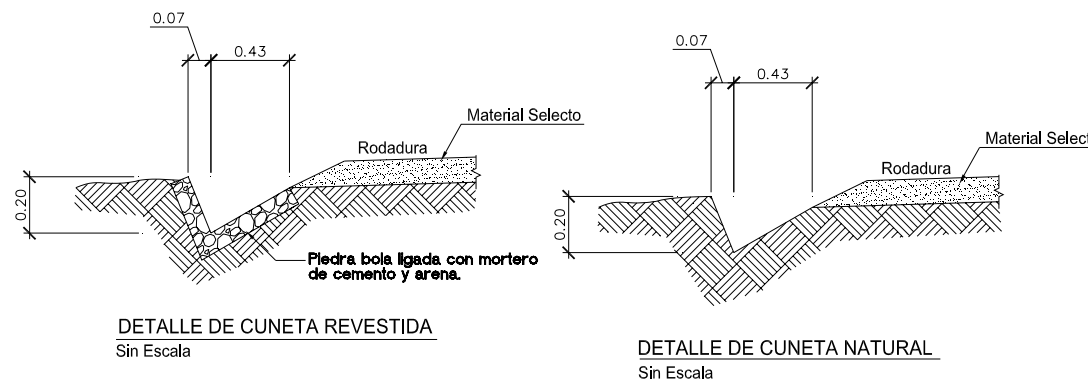
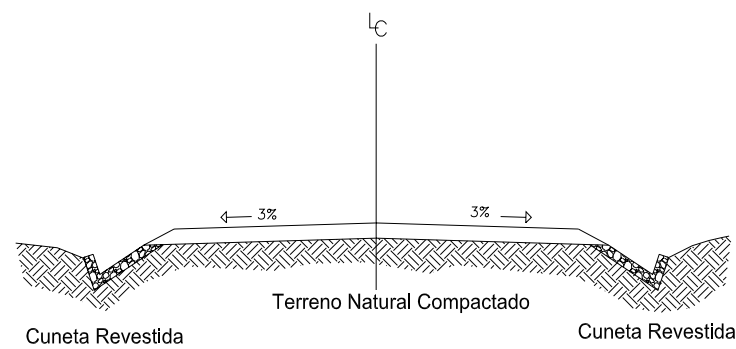
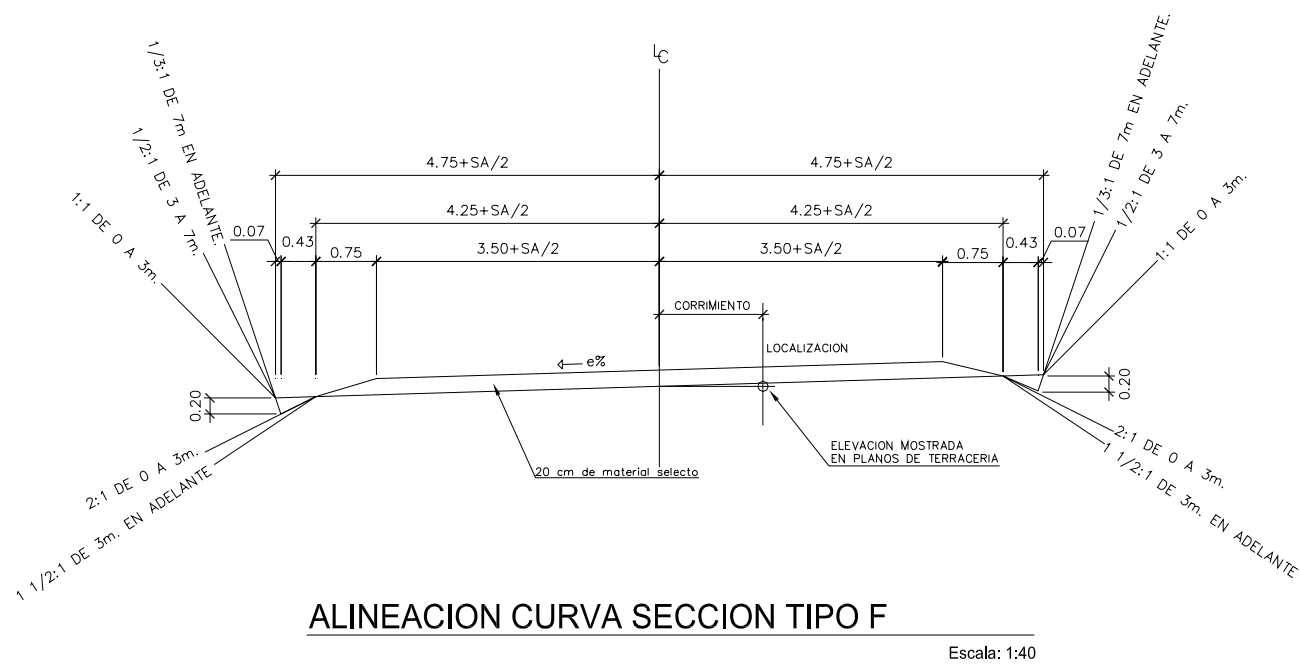
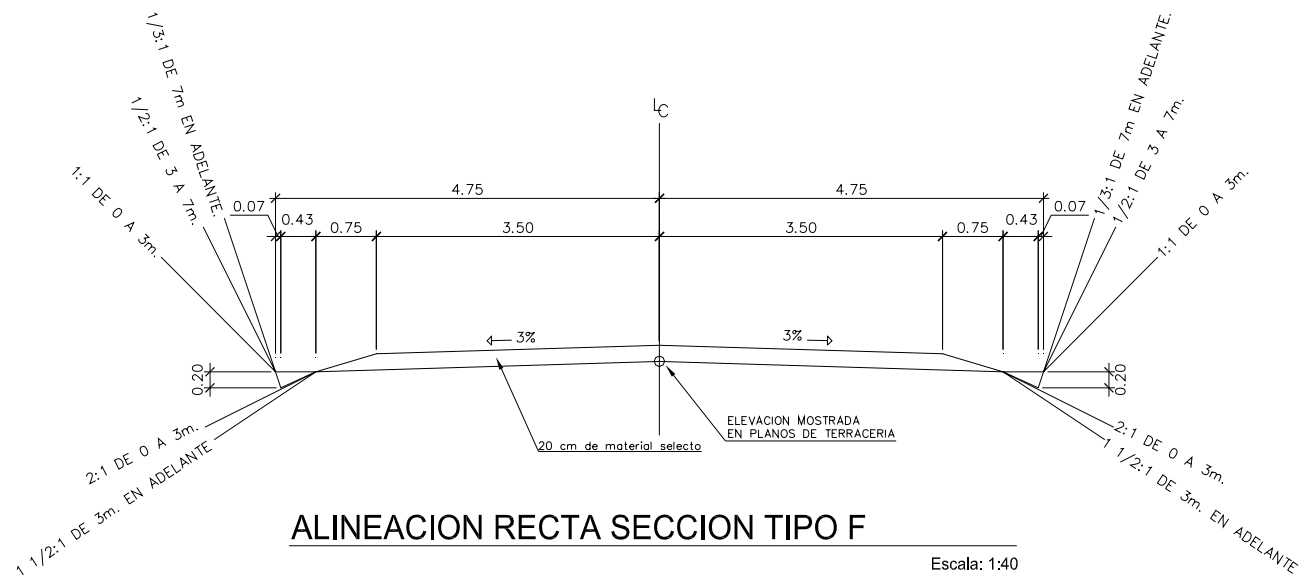
Escala 1:4000



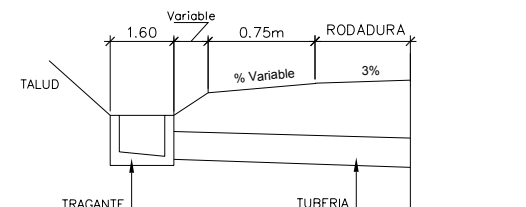
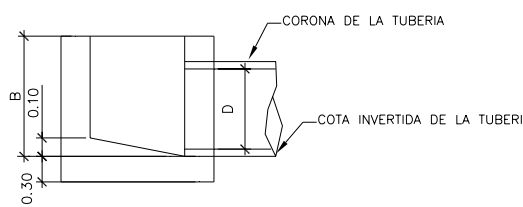
PERFIL GENERAL

Escala Horizontal 1:7500
Escala Vertical 1:1500

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ LA ARADA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA	hoja: PPG	proyecto: CARRTERA DE ALDEA EL RODEO A CASERIO PLAN REDONDO	contenido de hoja: PLANTA PERFIL GENERAL	calculo: Rodolfo Fernández
	No. general: 1/15	ubicación: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA	propietario: Municipalidad de San José La Arada	nombre: Rodolfo Fernández
			autor: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	fecha de elaboración: Indicada
			revisor: Indicada	fecha de revisión: Indicada
				Planificador Unidad de EFS _____



DIAMETRO	ESP.	VOLUMEN DE CONCRETO PARA DIFERENTES ALTURAS													
		A	B	Vol	B	Vol	B	Vol	B	Vol	B	Vol			
24	0.60	3	0.90	1.00	2.128	1.30	2.526	1.60	3.028	1.90	3.478	2.20	3.928	2.50	4.378
30	0.75	3 1/2	1.05	1.19	2.529	1.49	3.006	1.79	3.483	2.09	3.960	2.39	4.437	2.69	4.914
36	0.90	4	1.25	1.33	2.931	1.63	3.444	1.93	3.957	2.23	4.470	2.53	4.983	2.83	5.496
42	1.07	4 1/2	1.38	1.49	3.288	1.79	3.825	2.09	4.361	2.39	4.898	2.69	5.434	2.99	5.970
48	1.20	5	1.58	1.68	3.820	1.97	4.373	2.27	4.945	2.57	5.518	2.87	6.090	3.17	6.663
54	1.37	5 1/2	1.73	1.83	4.219	2.13	4.819	2.43	5.418	2.73	6.018	3.03	6.617	3.33	7.216
60	1.50	6	1.93	1.96	4.717	2.27	5.331	2.57	5.966	2.87	6.602	3.17	7.237	3.47	7.873



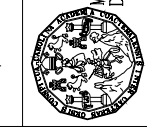
contenido de hoja: **DETALLE DE SECCION TIPICA TIPO F**
 autor: **Rodolfo Fernández**
 propietario: **Municipalidad de San José La Arada**
 responsable: **Municipalidad de San José La Arada**
 supervisor de obra: **Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

Proyecto: **CARRERA DE ALDEA EL RODEO A CASERIO PLAN REDONDO**
 Ubicación: **MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

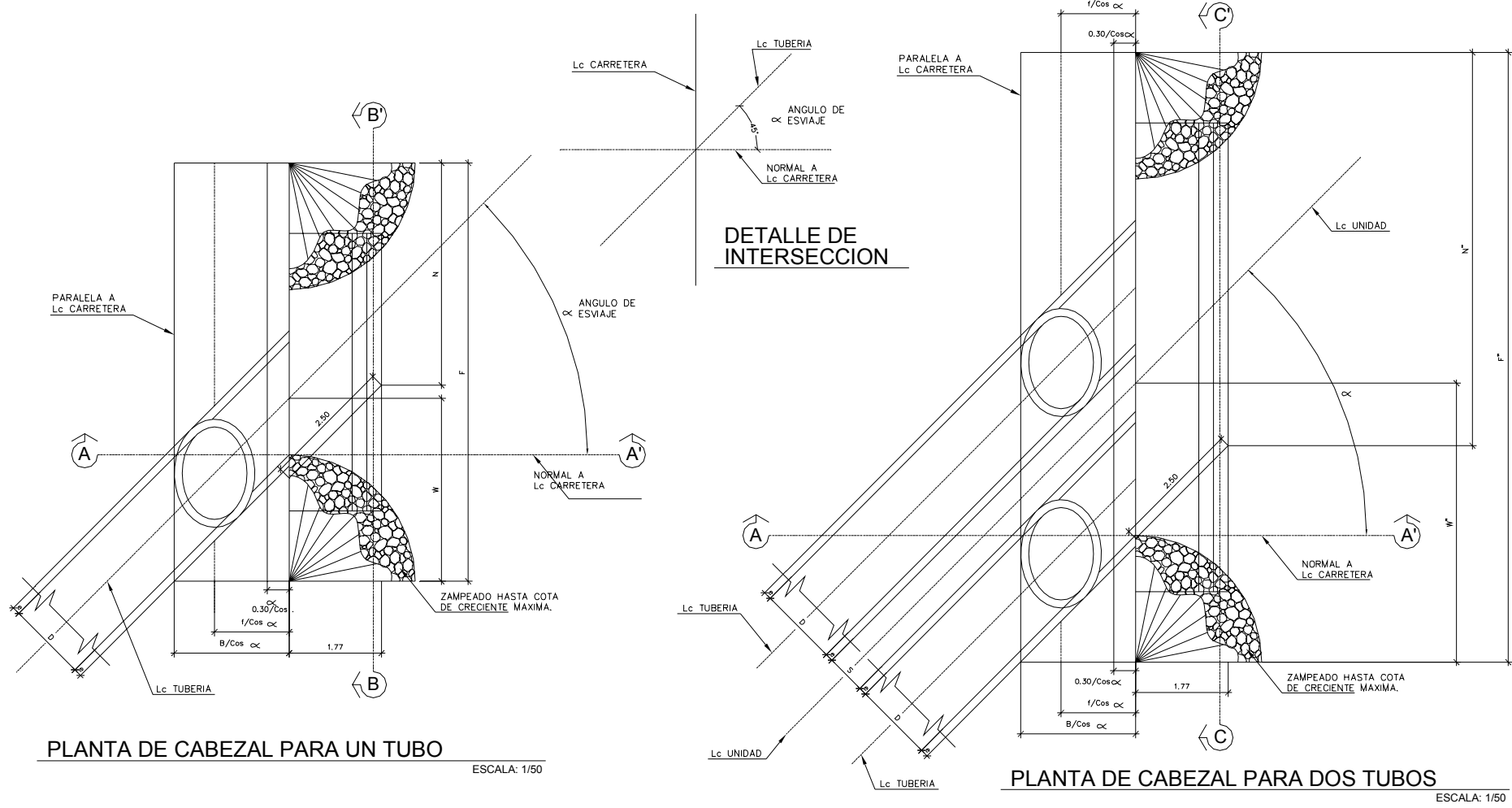
hoja: **DETALLES I**
 No. general: **2/15**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 MUNICIPIALIDAD DE SAN JOSE LA ARADA
 DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

Planificador Unidad de EPS
 Propietario



TUBO	CABEZAL PARA UNO Y DOS TUBOS								DATOS PARA CABEZAL DE UN TUBO												DATOS PARA CABEZAL DE DOS TUBOS												LOSA PARA UN TUBO				LOSA PARA DOS TUBOS							
	D	e	E	B	C	H	g	f	$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 15^\circ$				$\alpha = 30^\circ$				$\alpha = 45^\circ$				$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = 15^\circ$		$\alpha = 30^\circ$		$\alpha = 45^\circ$													
	PULG.	m.							F	W	V	F	W	V	F	W	V	F	W	V	F	W	V	S	N	N	N	N	N	N														
RN 245 Y ER 315	24	0.61	0.075	0.29	0.60	1.05	1.65	0.32	0.491	2.58	1.29	1.93	2.64	1.30	1.97	2.82	1.34	2.08	3.24	1.42	2.38	0.30	3.64	1.82	2.58	3.73	1.65	2.64	4.04	1.95	2.66	4.74	2.17	3.32	1.01	1.20	1.24	1.39	1.70	1.76	2.10	2.17	2.42	2.97
	30	0.76	0.090	0.31	0.75	1.25	1.85	0.33	0.581	3.26	1.63	2.20	3.32	1.64	2.25	3.56	1.70	2.47	4.08	1.78	3.94	0.38	4.58	2.29	3.22	4.69	2.32	4.36	5.09	2.45	4.70	5.95	2.72	5.44	1.26	1.50	1.55	1.73	2.12	2.27	2.70	2.80	3.12	3.82
	36	0.91	0.100	0.29	0.90	1.40	2.00	0.33	0.662	3.82	1.91	2.63	3.90	1.93	2.72	4.16	1.98	3.03	4.80	2.10	5.71	0.46	5.40	2.70	3.67	5.53	2.74	5.30	6.00	2.89	6.80	7.03	3.21	7.89	1.51	1.80	1.86	2.08	2.56	2.69	3.20	3.31	3.70	4.53
	42	1.07	0.115	0.30	1.05	1.60	2.20	0.33	0.745	5.54	2.27	3.11	4.64	2.29	3.11	4.96	2.35	3.38	5.70	2.49	8.35	0.54	6.38	3.19	8.93	6.54	3.24	9.13	17.10	3.41	9.86	8.30	3.79	11.39	1.76	2.10	2.17	2.42	2.97	3.11	3.70	3.83	4.27	5.23
	48	1.22	0.125	0.28	1.20	1.75	2.35	0.33	0.822	5.11	2.55	3.39	5.22	2.58	3.17	5.60	2.65	3.77	6.42	2.81	11.08	0.61	7.19	3.59	11.80	7.37	3.65	12.07	18.00	3.84	13.00	9.36	4.27	15.05	2.02	2.40	2.48	2.77	3.39	3.61	4.30	4.45	4.97	6.08
RN 315	54	1.37	0.140	0.30	1.35	1.95	2.55	0.33	0.906	5.82	2.91	4.00	5.94	2.93	3.26	6.36	3.01	4.14	7.30	3.19	14.92	0.68	8.14	4.07	15.82	8.35	4.14	16.19	19.06	4.36	17.44	10.60	4.84	20.18	2.27	2.70	2.80	3.12	3.82	4.03	4.80	4.97	5.64	6.79
	60	1.52	0.150	0.28	1.55	2.10	2.70	0.34	1.008	6.36	3.18	4.36	6.48	3.20	3.50	7.00	3.29	4.49	8.94	3.49	19.21	0.76	8.94	4.47	20.43	9.16	4.54	20.88	22.49	4.78	22.49	11.63	5.32	25.99	2.52	3.00	3.11	3.46	4.24	4.45	5.30	5.49	6.12	7.50
	24	0.61	0.075	0.31	0.60	1.05	1.65	0.32	0.494	2.60	1.30	1.95	2.66	1.31	1.99	2.86	1.35	2.12	3.98	1.43	2.43	0.30	3.64	1.82	2.58	3.74	1.85	2.65	4.06	1.95	2.86	4.74	2.17	3.32	1.01	1.20	1.24	1.39	1.70	1.76	2.10	2.17	2.42	2.97
	30	0.76	0.075	0.29	0.70	1.20	1.80	0.32	0.548	3.18	1.59	2.28	3.26	1.60	2.29	3.48	1.65	3.14	4.00	1.75	3.57	0.38	4.46	2.23	3.84	4.58	2.27	3.93	4.96	2.39	4.24	5.82	2.26	4.92	1.26	1.50	1.55	1.73	2.12	2.27	2.70	2.80	3.12	3.82
	36	0.91	0.085	0.32	0.90	1.40	2.00	0.33	0.669	3.88	1.93	2.74	3.96	1.95	2.83	4.24	2.00	3.13	4.86	2.12	5.83	0.46	5.40	2.70	6.23	5.54	2.75	6.38	6.02	2.89	6.96	7.04	3.21	7.99	1.31	1.80	1.86	2.08	2.56	2.69	3.20	3.31	3.70	4.53
42	1.07	0.095	0.29	1.05	1.55	2.15	0.33	0.745	4.45	2.24	3.11	4.54	2.24	3.11	5.00	2.31	3.57	5.58	2.44	8.06	0.54	6.25	3.12	6.64	6.41	3.17	8.86	6.96	3.34	9.57	8.14	3.72	11.07	1.76	2.10	2.17	2.42	2.97	3.11	3.70	3.83	4.27	5.23	
48	1.22	0.110	0.31	1.20	1.75	2.35	0.33	0.830	5.16	2.58	3.50	5.26	2.60	3.29	5.64	2.67	3.90	6.48	2.83	11.25	0.61	7.20	3.60	11.93	7.39	3.66	12.20	18.01	3.85	13.29	9.37	4.27	15.21	2.02	2.40	2.48	2.77	3.39	3.61	4.30	4.45	4.97	6.08	
54	1.37	0.115	0.30	1.35	1.90	2.50	0.33	0.908	5.74	2.97	4.14	5.86	2.89	3.50	6.28	2.98	4.22	7.22	3.15	14.58	0.68	8.02	4.01	15.42	8.22	4.07	15.76	18.92	4.29	17.18	10.44	4.76	19.66	2.27	2.70	2.80	3.12	3.82	4.03	4.80	4.97	5.54	6.79	
60	1.52	0.125	0.28	1.55	2.05	2.65	0.34	1.010	6.28	3.14	4.31	6.42	3.17	3.81	7.00	3.26	4.37	8.81	3.45	18.81	0.76	8.80	4.40	19.90	9.04	4.47	20.40	19.80	4.72	22.23	11.46	5.24	25.35	2.52	3.00	3.11	3.46	4.24	4.45	5.30	5.49	6.12	7.50	

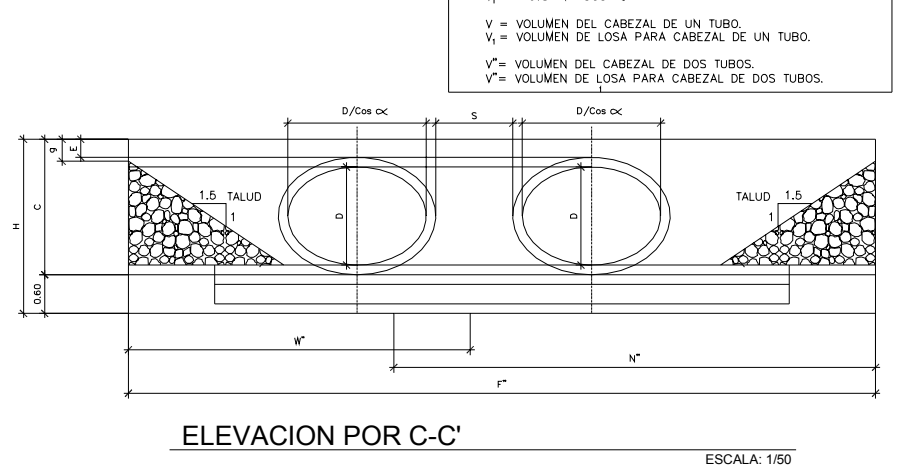
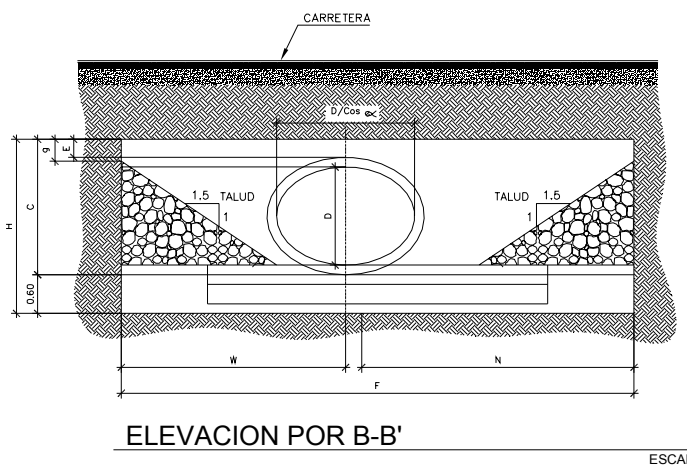
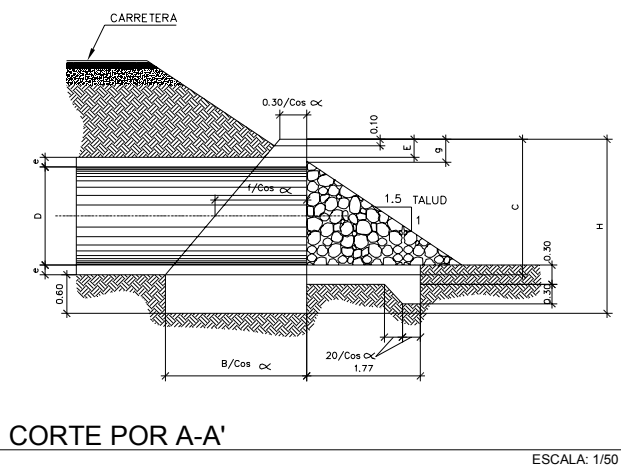


NOTAS GENERALES:

- PARA LA CONSTRUCCION SE USARAN LAS ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA D.G.C. EDICION SEPTIEMBRE 2001.-
- CONCRETO CICLOPEO: SE USARA CONCRETO CLASE 2,500 PSI Y DE ACUREDO COMO SE ESPECIFICA EN 555.01 Y 555.02 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.-
- ZAMPEADO: SE USARA ZAMPEADO DE PIEDRA COLOCADO A MANO Y LIGADO CON MORTERO DE CEMENTO SEGUN LO INDICADO EN LA SECCION 251 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.-
- EL MATERIAL QUE SE EMPLEARA EN EL MURO Y ALAS DE LOS CABEZALES, SERA CONCRETO CICLOPEO SEGUN LO INDICADO EN LOS INCISOS 555.03 Y 555.04 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA DIRECCION GENERAL DE CAMINOS.-
- EL DELEGADO RESIDENTE DECIDIRA SI ES NECESARIO COLOCAR LA LOSA DEL PISO EN CADA CASO PARTICULAR, TAMBIEN DECIDIRA EL MATERIAL QUE SE EMPLEARA EN ELLA, CONCRETO 2,000 (140) O ZAMPEADO DE PIEDRA.-
- LA PARTE SUPERIOR DE LOS CABEZALES DEBE TENER LA MISMA DIRECCION Y PENDIENTE QUE LA RASANTE DE LA CARRETERA.-
- EL ACABADO DE CONCRETO SERA ORDINARIO DE SUPERFICIE DE ACUERDO CON EL ARTICULO 553.17 (a) DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.-
- LOS CABEZALES HAN SIDO DISEÑADOS CON LOS SIGUIENTES DATOS:
 - RESISTENCIA DEL TERRENO: 1,5kg/cm² (3,000lb/Pie²)
 - PESO DEL RELLENO: 1,600kg/m³ (100lb/Pie³)
 - EQUIVALENTE LIQUIDO: 480kg/m³ (30lb/Pie³)
- TODAS LAS DIMENSIONES LINEALES ESTAN DADAS EN METROS Y LOS DATOS DE VOLUMENES EN METROS CUBICOS.-
- TODAS LAS ARISTAS EXPUESTAS, DEBERAN SER BISELADAS 2 CENTIMETROS.
- EL DELEGADO RESIDENTE, EN UN CASO PARTICULAR, PODRA HACER SU PROPIO DISEÑO DE MURO TIPO CABEZAL, DISTINTO A LOS INDICADOS.

FORMULARIO

C=E+D+2e
 H=C+0.60
 $W=0.015(C-g-e) + \frac{D}{2\cos\alpha}$
 $W''=0.015(C-g-e) + \frac{D+e+S/2}{\cos\alpha}$
 $F=0.015(C-g-e) \left[1 + \frac{1}{\cos\alpha} \right] + \frac{D}{2\cos\alpha}$
 $F''=0.015(C-g-e) \left[1 + \frac{1}{\cos\alpha} \right] + \frac{2(D+e)+S}{\cos\alpha}$
 $V = \left[\left(\frac{0.30+B}{2} \right) C + 0.60B \right] \left[F - \left(\frac{\pi(D+2e)^2 f}{4 \cos\alpha} \right) \right]$
 $V_1 = 0.84N \cos\alpha$
 $V'' = \left[\left(\frac{0.30+B}{2} \right) C + 0.60B \right] \left[F'' - \left(\frac{\pi(D+2e)^2 f}{2 \cos\alpha} \right) \right]$
 $V_1'' = 0.84N'' \cos\alpha$
 V = VOLUMEN DEL CABEZAL DE UN TUBO.
 V₁ = VOLUMEN DE LOSA PARA CABEZAL DE UN TUBO.
 V'' = VOLUMEN DEL CABEZAL DE DOS TUBOS.
 V''₁ = VOLUMEN DE LOSA PARA CABEZAL DE DOS TUBOS.



contenido de hoja: **ESQUEMAS PARA CABEZALES RECTOS** **Rodolfo Fernández**
 propietario: **Municipalidad de San José La Arada** **Rodolfo Fernández**
 responsable: **Municipalidad de San José La Arada** **Indicada**
 supervisor de EPS: **Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta** **Indicada**

proyecto: **CARRETERA DE ALDEA EL RODEO**
A CASERIO PLAN REDONDO

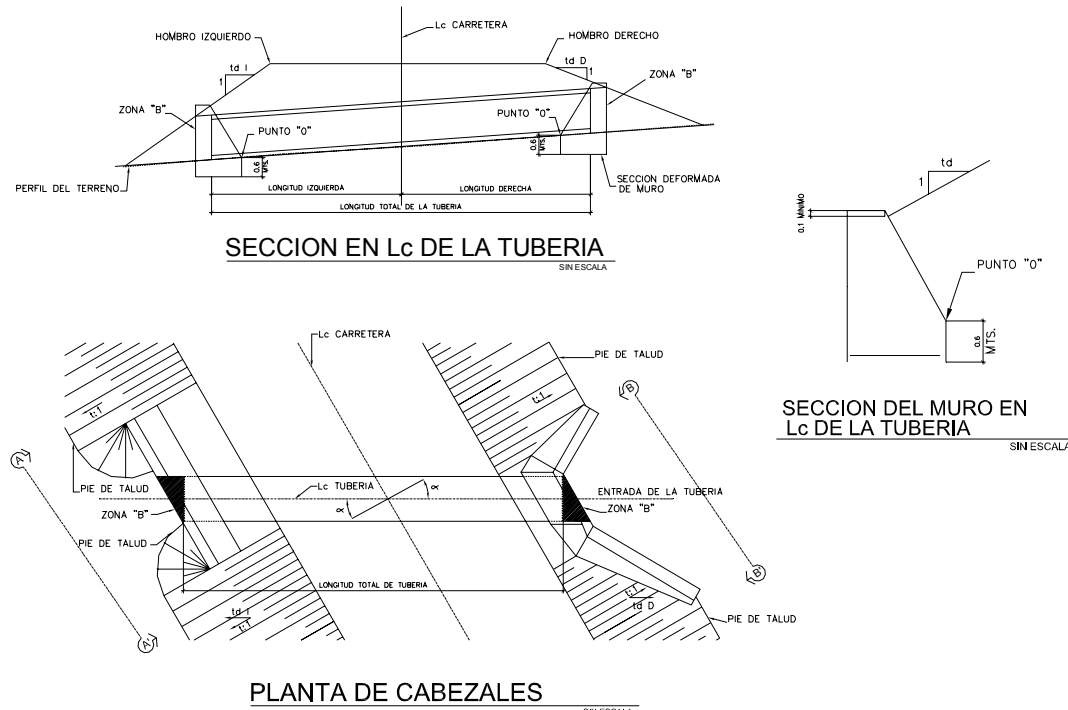
ubicación: **MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA,**
DEPARTAMENTO DE CHIMULULA

hoja: **DETALLES2** No. general: **3/15**

Propietario
 Planificador Unidad de EPS



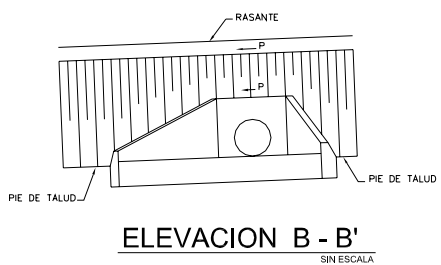
DETALLE DE TUBERIAS TRANSVERSALES Y SUS CABEZALES



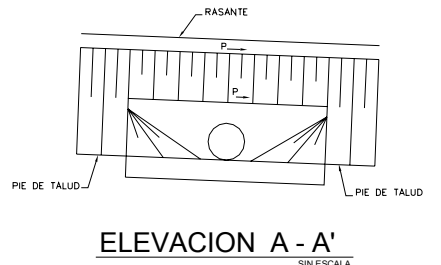
SECCION EN Lc DE LA TUBERIA
SIN ESCALA

SECCION DEL MURO EN Lc DE LA TUBERIA
SIN ESCALA

PLANTA DE CABEZALES
SIN ESCALA



ELEVACION B - B'
SIN ESCALA



ELEVACION A - A'
SIN ESCALA

FORMULA PARA EL CALCULO DEL TALUD DEFORMADO							
PENDIENTE POSITIVA				PENDIENTE NEGATIVA			
ESVAJE DERECHO	ESVAJE IZQUIERDO	ESVAJE DERECHO	ESVAJE IZQUIERDO	ESVAJE DERECHO	ESVAJE IZQUIERDO	ESVAJE DERECHO	ESVAJE IZQUIERDO
LADO IZQ. ESVAJE +2% SERRUC	LADO DER. ESVAJE +2% SERRUC	LADO IZQ. ESVAJE +2% SERRUC	LADO DER. ESVAJE +2% SERRUC	LADO IZQ. ESVAJE +2% SERRUC	LADO DER. ESVAJE +2% SERRUC	LADO IZQ. ESVAJE +2% SERRUC	LADO DER. ESVAJE +2% SERRUC

α = ANGULO DE ESVAJE MEDIDO DESDE LA NORMAL A LA Lc DE LA CARRETERA, HASTA LA Lc DE LA TUBERIA SIEMPRE MENOR DE 90°, PUEDE SER ESVAJE DERECHO O IZQUIERDO
 P = VALOR ABSOLUTO DE LA PENDIENTE EN VALOR REAL, NO EN PORCENTAJE
 I = TALUD NORMAL } VALOR DE LA PROYECCION HORIZONTAL CUANDO LA PROYECCION VERTICAL ES LA UNIDAD
 I' = TALUD DEFORMADO }

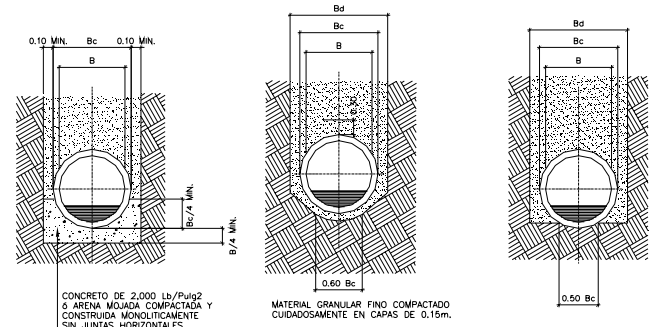
NOTAS GENERALES:

- SUPONEREMOS QUE LA CORRIENTE ENCUENTRA A LA CARRETERA EN UNA TANGENTE BAJO UN RELLENO Y QUE LA TUBERIA TENDRA CABEZALES DE ENTRADA Y SALIDA.
- SE USARA CABEZALES DE MURO RECTO EN SALIDA, Y EN LA ENTRADA CABEZALES CON ALAS.
- SE TENDEN COMO DATOS LA SECCION TIPICA, LA PENDIENTE DE LA CARRETERA, AL ANGULO DE ESVAJE DE LA TUBERIA (α) Y EL NUMERO DE LINEAS DE TUBERIA.
- TAMBIEN SE CONOCE EL DIAMETRO Y LA CALIDAD DE LOS TUBOS QUE SE EMPLEARAN (VER PLANOS ESTANDAR PARA TUBOS DE CONCRETO REFORZADO).
- CON LOS DATOS DE LAS NOTAS 1 Y 4 PREVIENDOS DIBUJAR LA SECCION DEFORMADA DE LA CARRETERA, SEGUN LA Lc DE LA TUBERIA OBTENIENDO DE ELLA, LA PENDIENTE DE LA TUBERIA Y LA LONGITUD ENTRE PIES DE TALUD. LA LINEA QUE LOS UNE ES LA LINEA INFERIOR EXTERNA DE LA TUBERIA. EL TALUD DEFORMADO 1' SE PUEDE CALCULAR CON LA SIGUIENTE FORMULA:

$$1' = \frac{1}{1 + \frac{P}{I} \sin \alpha}$$
 SENDO I EL TALUD DE LA SECCION TIPICA DE LA CARRETERA, P LA PENDIENTE DE LA MISMA Y α EL ESVAJE.
- EN UNA HOJA DE PAPEL TRANSPARENTE DIBUJAMOS A ESCALA LA SECCION DEFORMADA DEL MURO, SEGUN LA Lc DE LA TUBERIA, CON EL TALUD DEFORMADO.
- CON ESTE DIBUJO SE DETERMINA SU POSICION HACIENDO COINCIDIR EL TALUD DEL DIBUJO CON EL TALUD DE LA SECCION DEFORMADA (NOTA N.º 5) Y EL PUNTO "0" CON LA LINEA INFERIOR EXTERNA DE LA TUBERIA. ESTO DEBE APLICARSE TANTO AL MURO DE ENTRADA COMO AL DE SALIDA.
- LA LONGITUD MAXIMA DE LA TUBERIA SERA LA QUE DETERMINE EL MAXIMO NUMERO DE TUBOS, SIN TENER QUE DEJAR ALGUN SECTOR SOBREPASANDO UNO DE ELLOS.
- LA PARTE SOMBRADA INDICADA COMO "ZONA B" PUEDE FORMARSE ASI:
 a) RECORTANDO UN TUBO
 b) HACIENDO FORMALETA INTERIOR.

NORMAS DE COLOCACION DE TUBERIAS EN ZANJAS

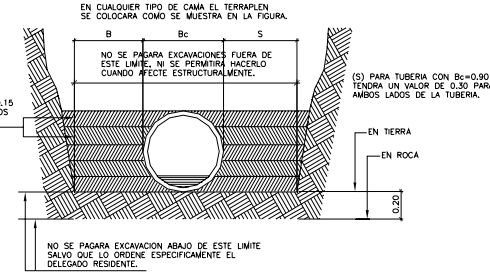
CAMAS TYPICAS PARA TUBERIAS COLOCADAS EN ZANJAS



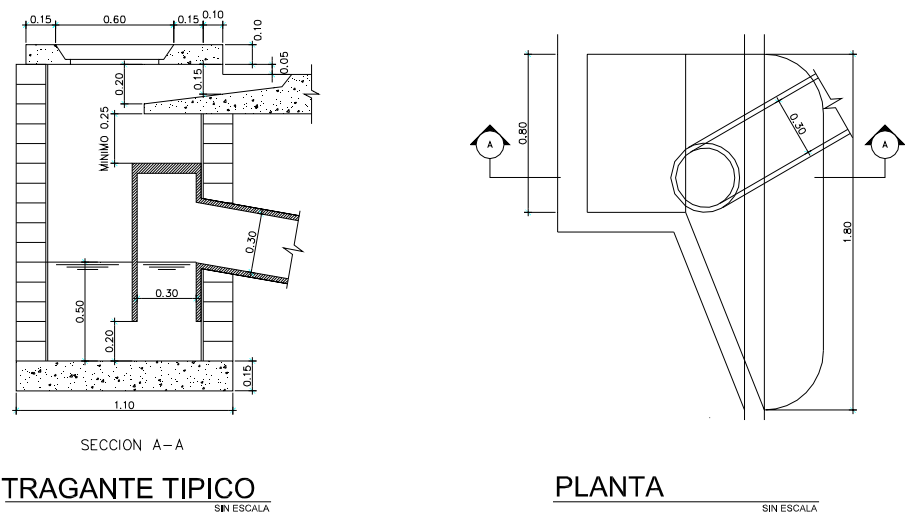
CAMA CLASE "A" CAMA CLASE "B" CAMA CLASE "C"

CONCRETO DE 2,000 LB/PULG² O ARENA MOJADA COMPACTADA Y CONSTRUIDA MONOLITICAMENTE SIN JUNTAS HORIZONTALES.

MATERIAL GRANULAR FINO COMPACTADO CUIDADOSAMENTE EN CAPAS DE 0.15m.



DETALLE DE CAJAS RECEPTORAS PARA TRAGANTES EN CALLES

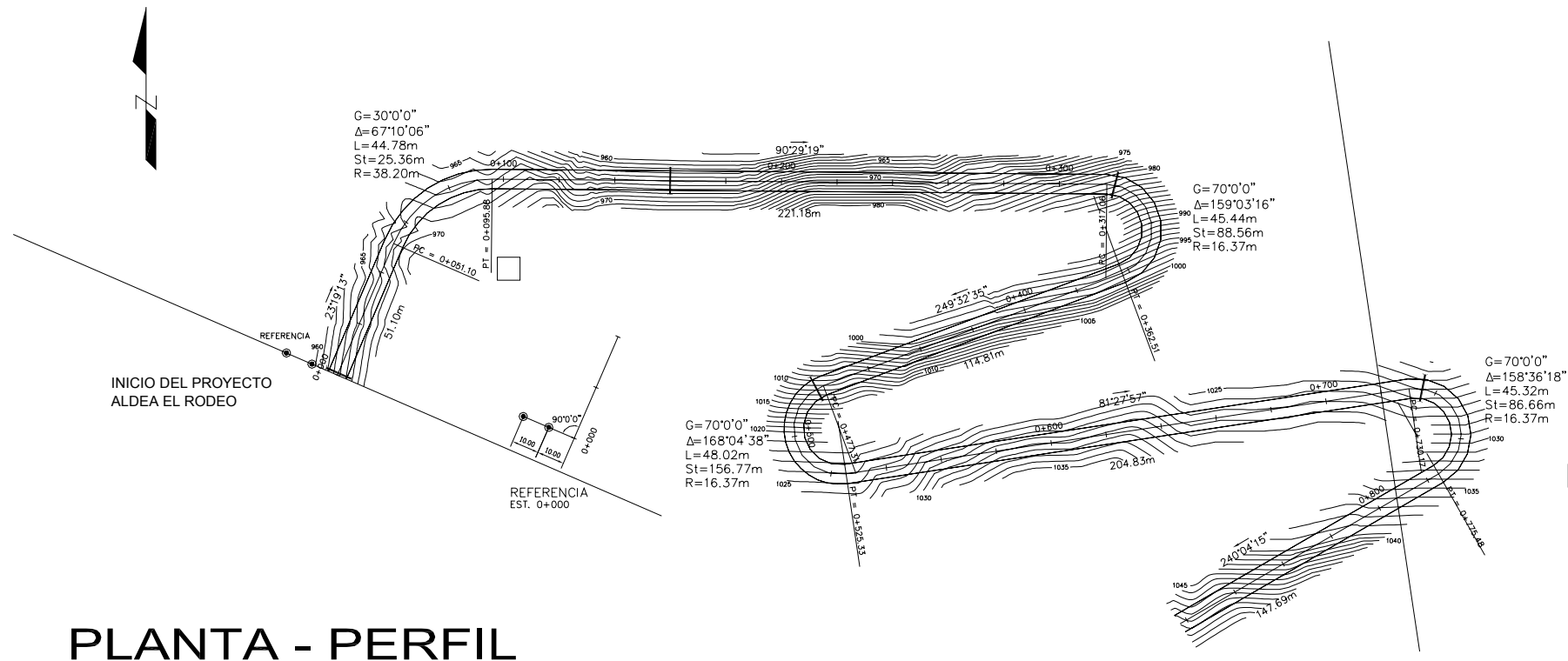


SECCION A-A
SIN ESCALA

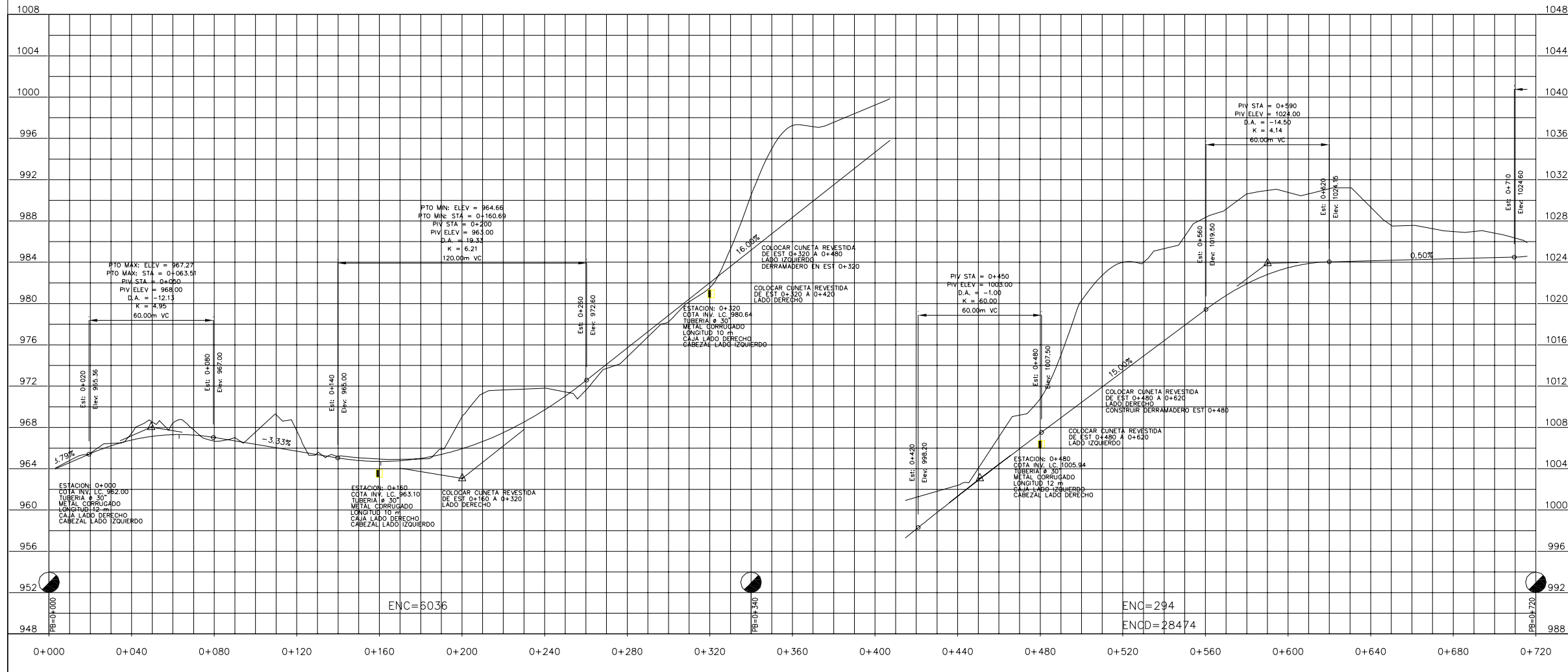
PLANTA
SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ LA ARADA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA	No. general: 4/15	No. general: 4/15	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
	DETALLES DE OBRAS DE ARTE DETALLE DE OBRAS DE ARTE Municipio de San José La Arada	Ing. Rodolfo Fernández Ing. Rodolfo Fernández	Ing. Rodolfo Fernández Ing. Rodolfo Fernández



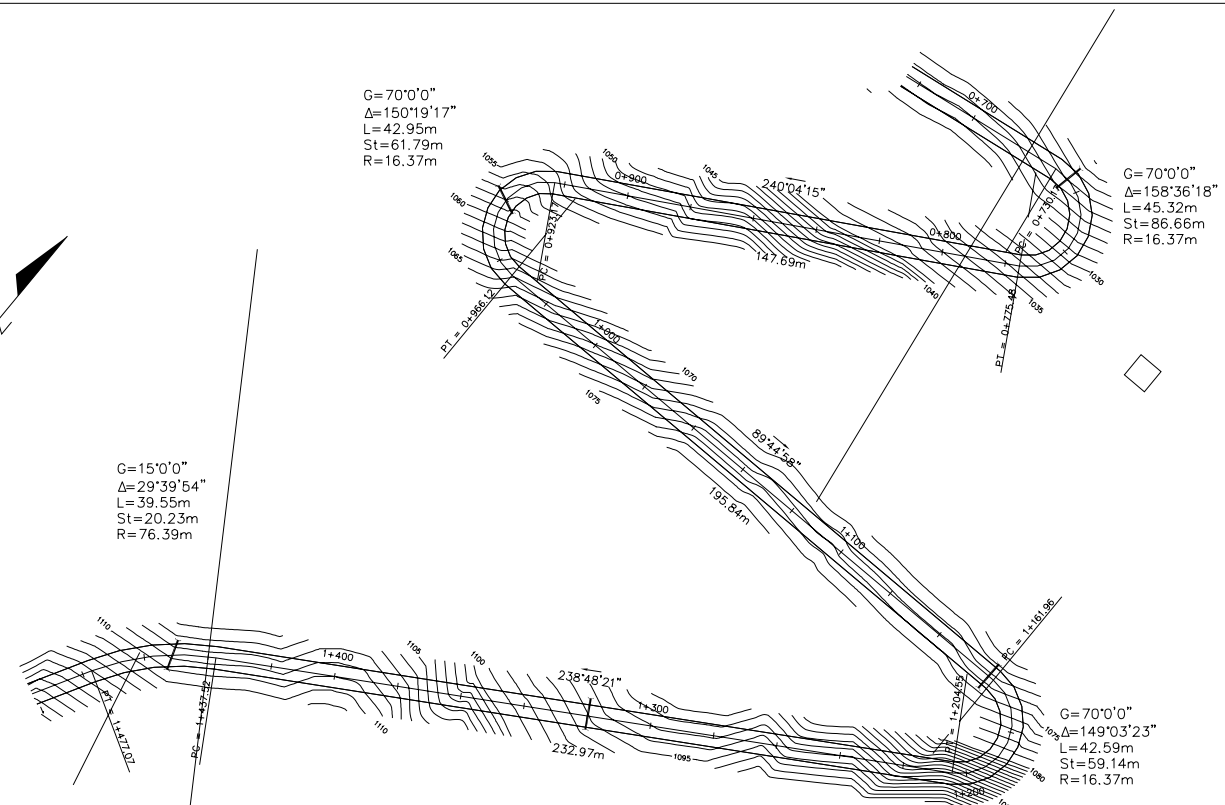
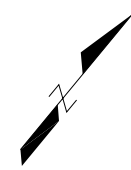


PLANTA - PERFIL

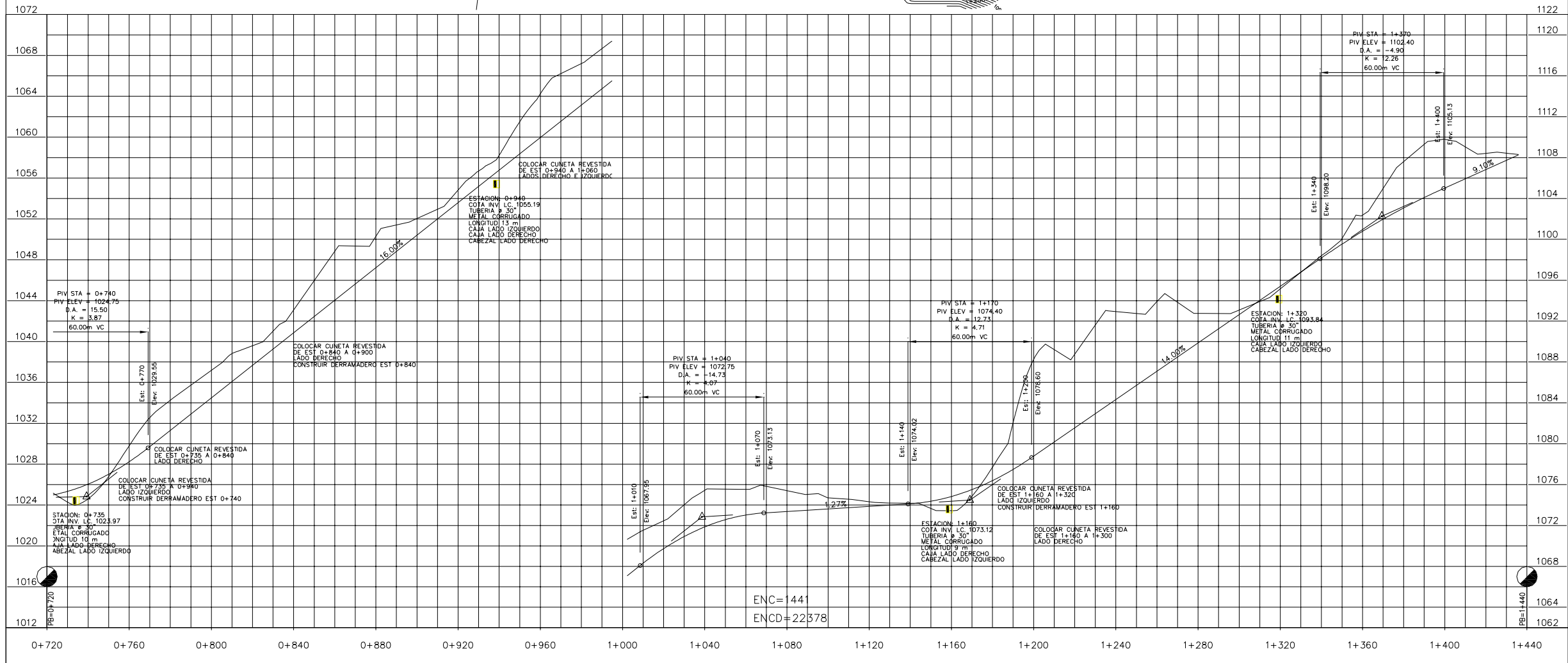


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA DEPARTAMENTO DE SAN JOSÉ LA ARADA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA		PP1 No. general: 5/15		PROYECTO: CARRETERA DE ALDEA EL RODEO A CASERIO PLAN REDONDO UBICACIÓN: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA		CONTENIDO DE HOJA: PLANTA PERFIL		CLIENTE: Rodolfo Fernández DISEÑO: Rodolfo Fernández escala horizontal: 1:1000 escala vertical: 1:200		PROPIETARIO: Planificador Unidad de EPS	
--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--

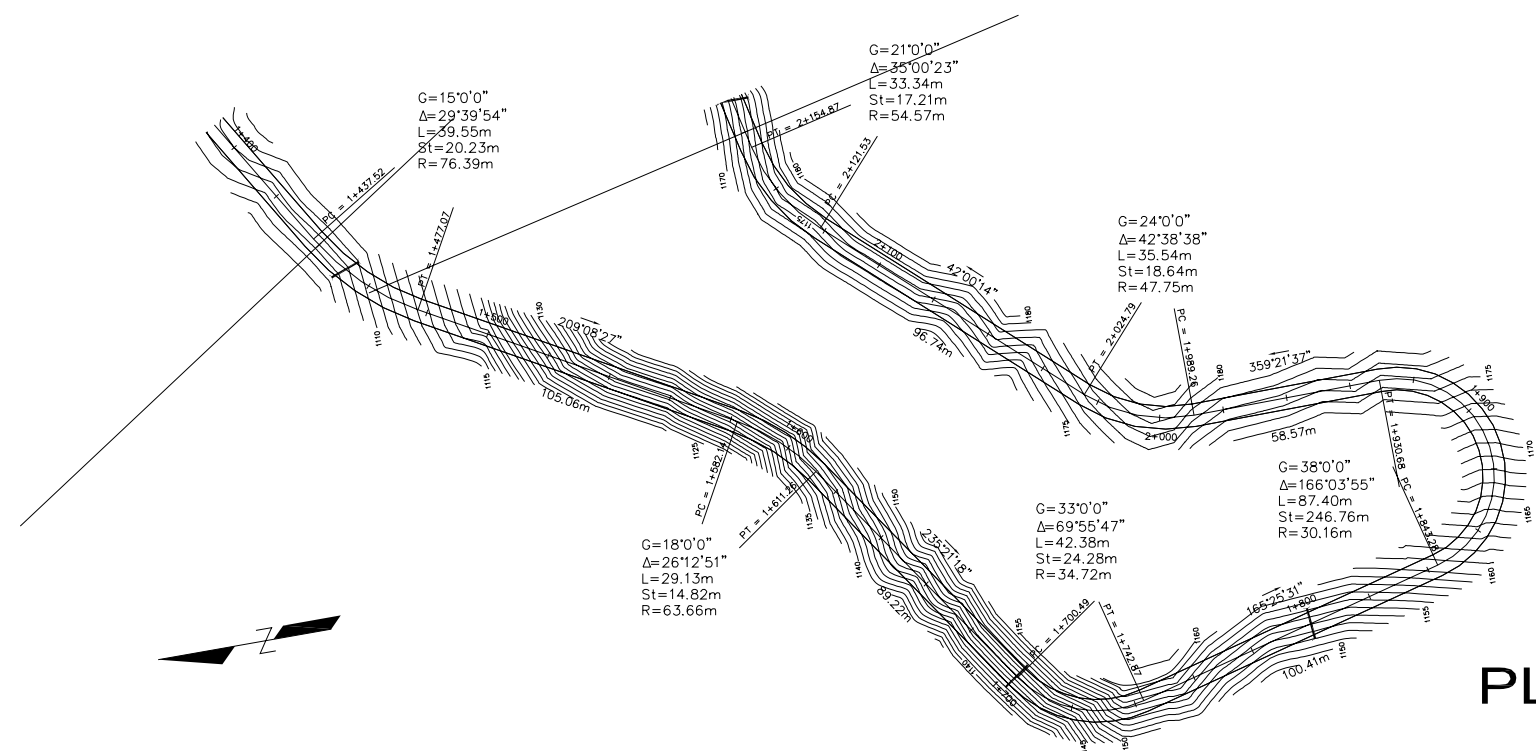




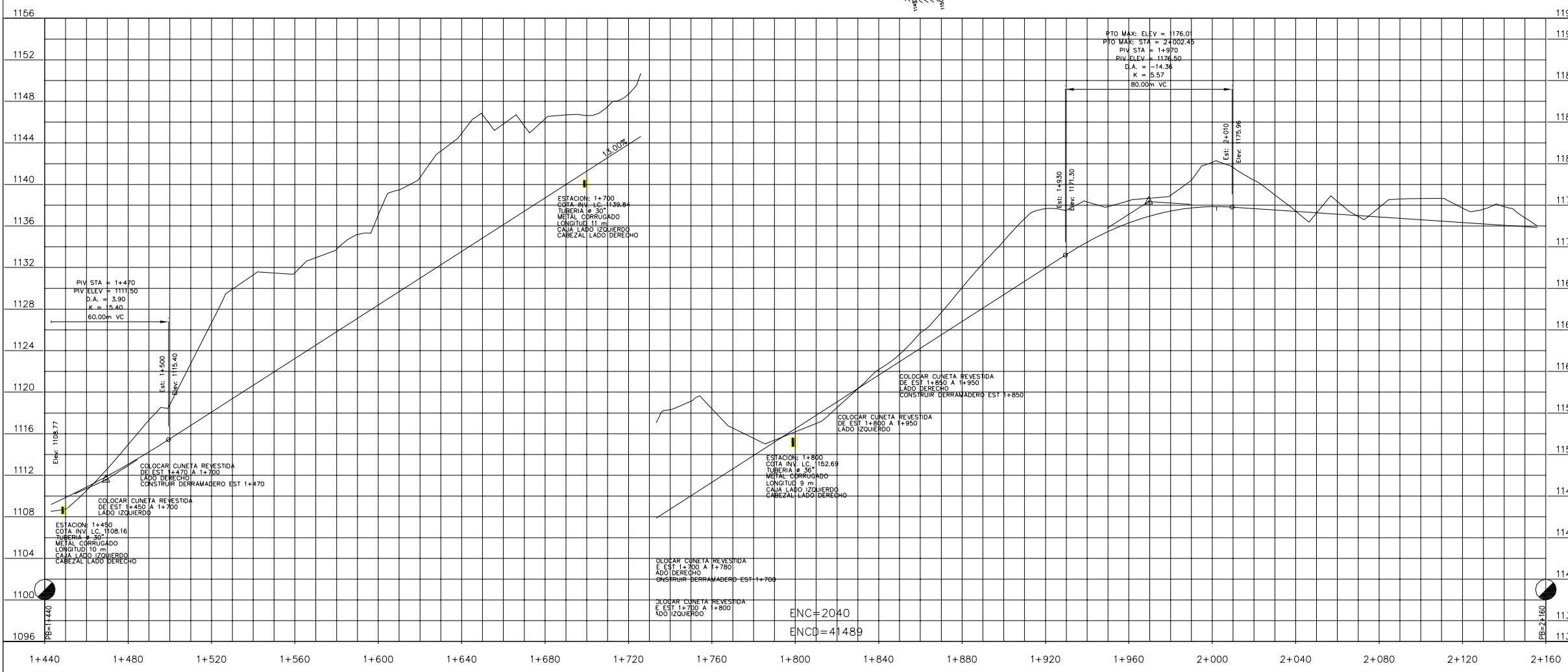
PLANTA - PERFIL



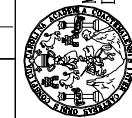
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA DEPARTAMENTO DE CHIMULULA	Hoja: pp2	proyecto: CARRTERA DE ALDEA EL RODEO A CASERIO PLAN REDONDO	contenido de hoja: PLANTA PERFIL	calculó: Rodolfo Fernández
	No. general: 6/15	ubicación: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIMULULA	propietario: Municipalidad de San José La Arada	dibujó: Rodolfo Fernández
			responsable: Municipalidad de San José La Arada	escala horizontal: 1:1000
			supervisor de EPS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	escala vertical: 1:200
			Planificador Unidad de EPS	Propietario

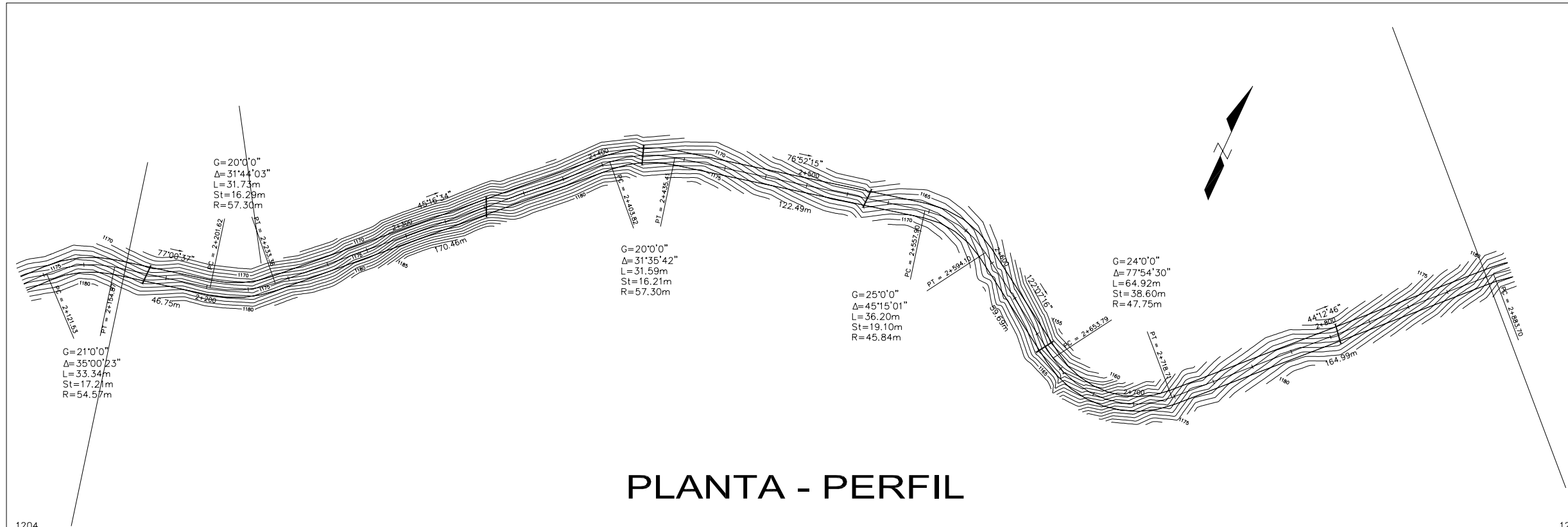


PLANTA - PERFIL

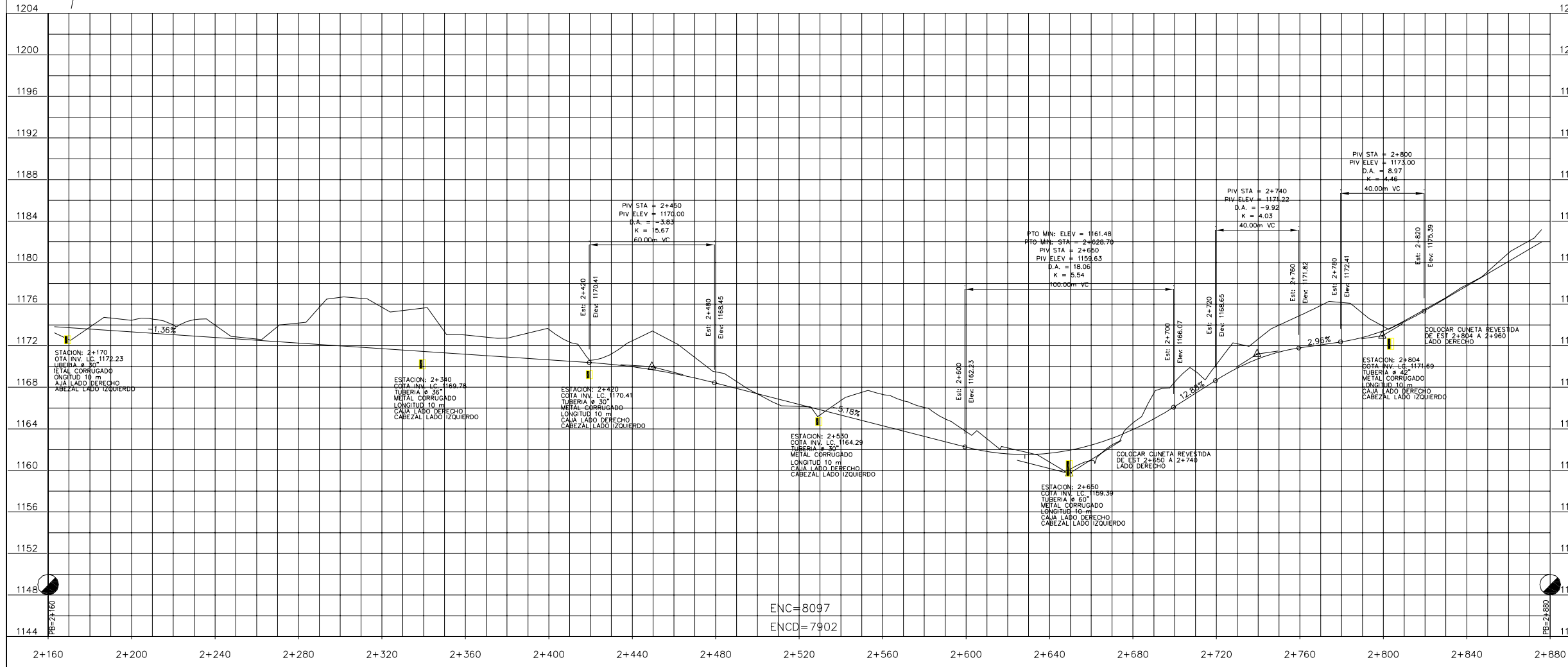


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ LA ARADA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA	No. general: 7/15	No. hoja: 7/15	Proyecto: CARRETERA DE ALDEA EL RODEO A CASERIO PLAN REDONDO	Contenido de hoja: PLANTA PERFIL	Escala:
	No. hoja: 7/15	No. hoja: 7/15	Ubicación: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA	Propietario: Municipalidad de San José La Arada Responsable: Municipalidad de San José La Arada Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	Escala horizontal: 1:1000 Escala vertical: 1:200
			Planificador Unidad de RFS		Propietario



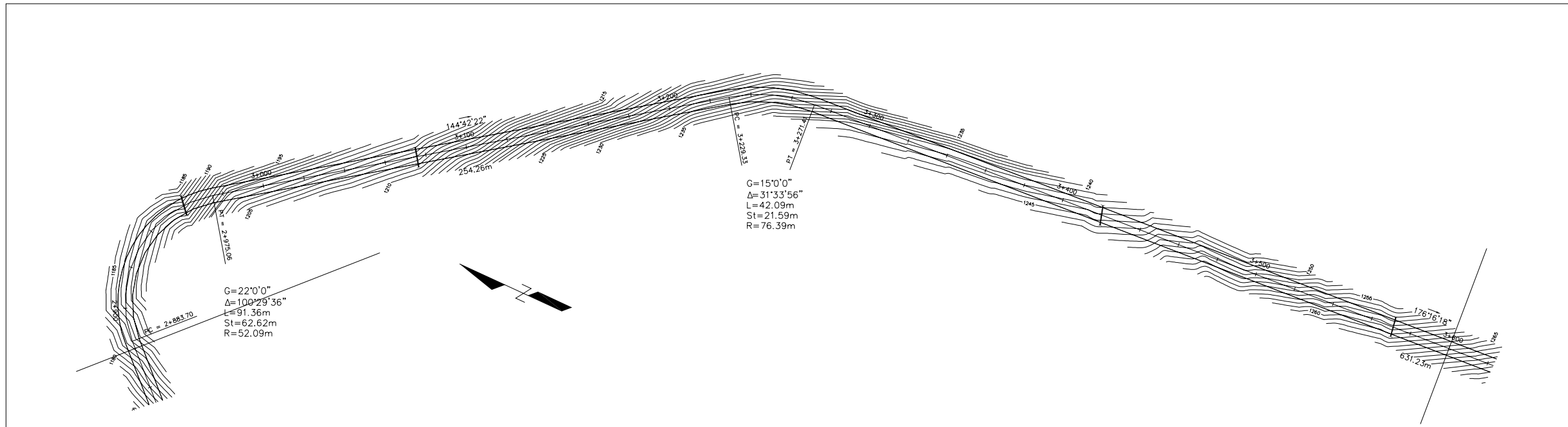


PLANTA - PERFIL

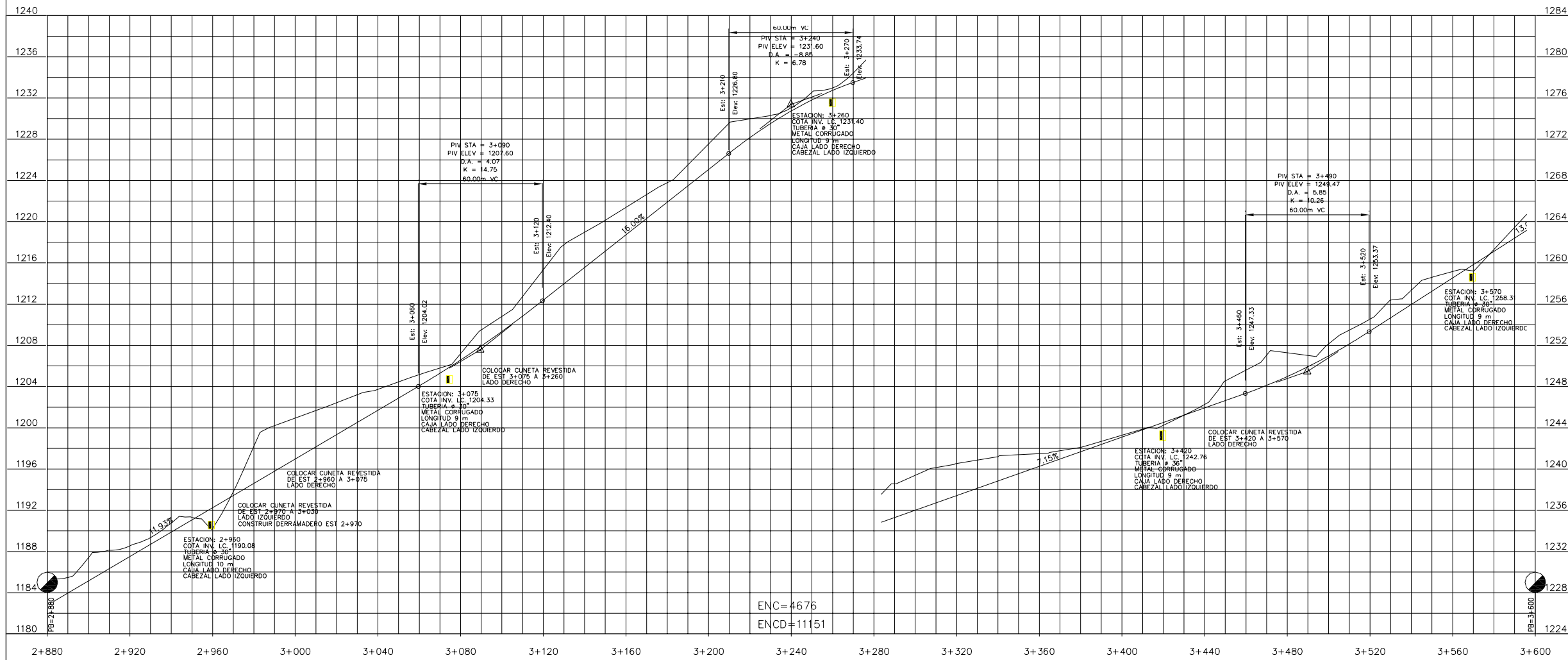


contenido de hoja: PLANTA PERFIL		autor: Rodolfo Fernández	
propietario: Municipalidad de San José La Arada		director: Rodolfo Fernández	
responsable: Municipalidad de San José La Arada		escala horizontal: 1:1000	
supervisor de BPS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta		escala vertical: 1:200	
proyecto: CARRTERA DE ALDEA EL RODEO A CASERIO PLAN REDONDO		propietario: Municipalidad de San José La Arada	
ubicación: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA		supervisor de BPS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	
hoja: PP4		propietario: Municipalidad de San José La Arada	
No. general: 8/15		supervisor de BPS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE LA ARADA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA		Propietario	



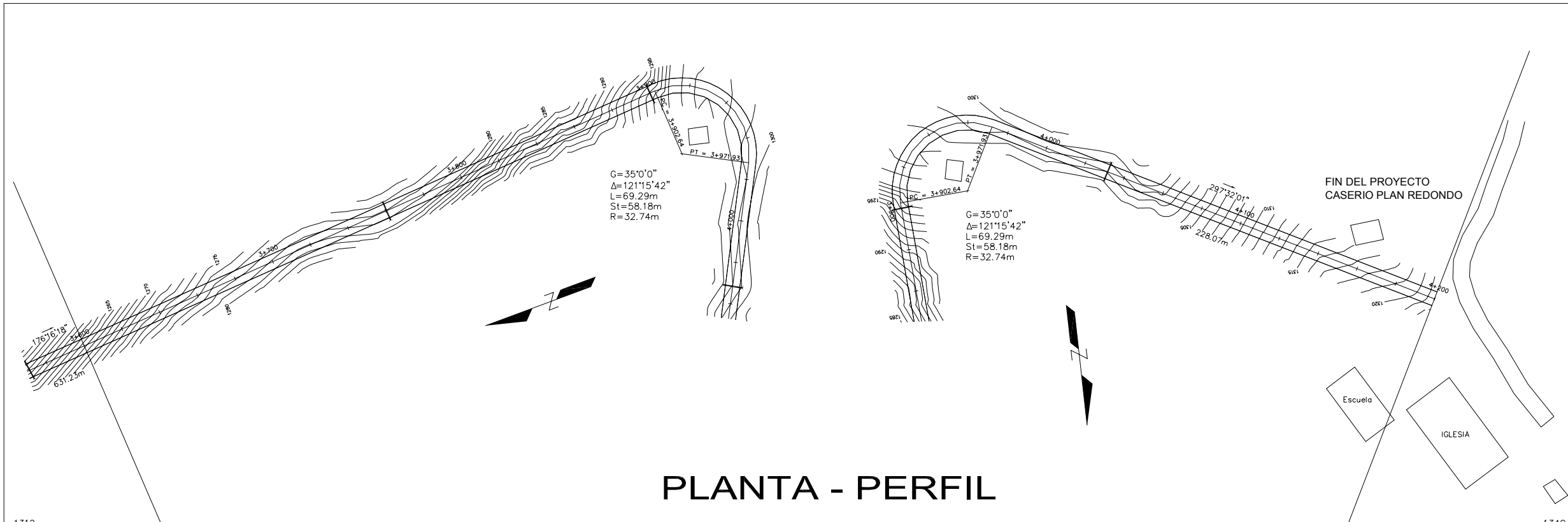


PLANTA - PERFIL

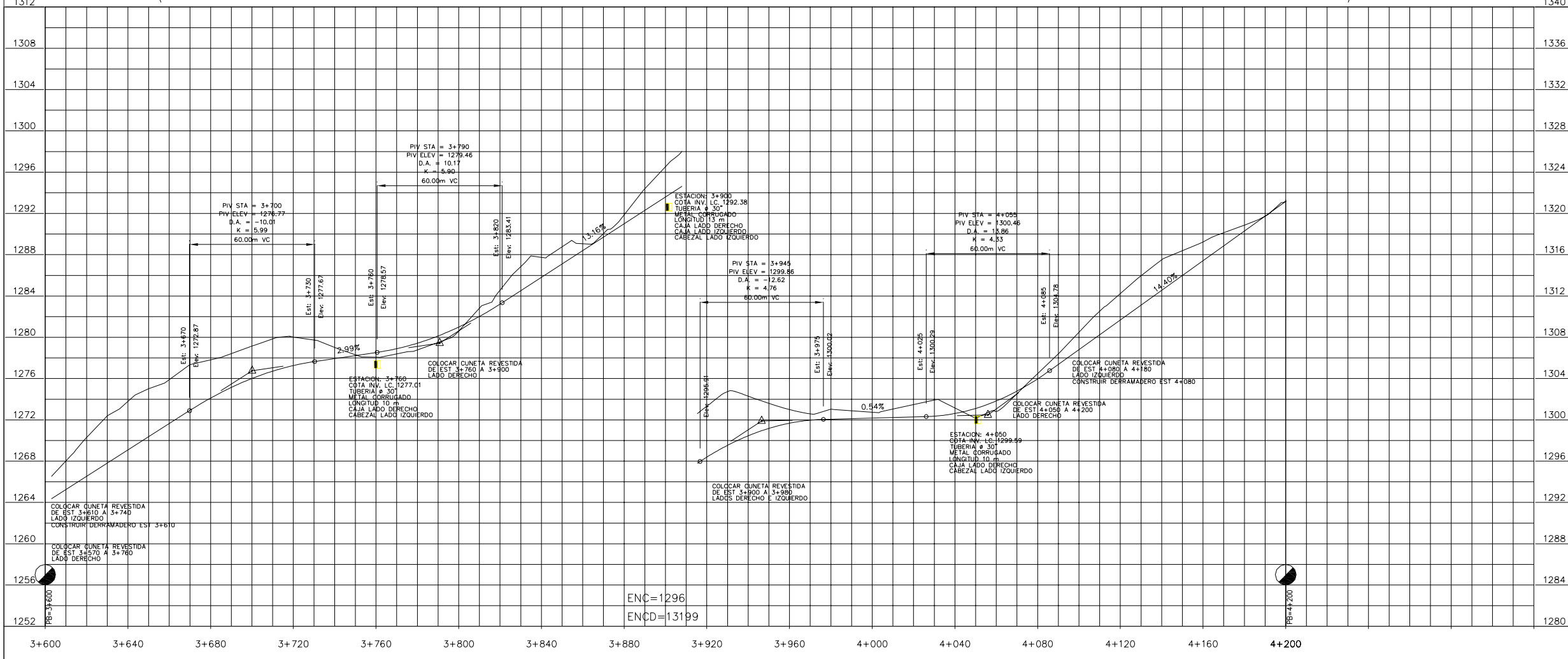


autor: Rodolfo Fernández cliente: Rodolfo Fernández escala horizontal: 1:1000 escala vertical: 1:200	propietario: Rodolfo Fernández responsable: Rodolfo Fernández supervisor de obra: Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	proyecto: CARRERA DE ALDEA EL RODEO A CASERIO PLAN REDONDO ubicación: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIMULIMA	hoja: PP5 No. general: 9/15	entidad de obra: PLANTA PERFIL propietario: Municipalidad de San José La Arada responsable: Municipalidad de San José La Arada supervisor de obra: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	Planificador Unidad de BPS Propietario
---	---	---	--	---	---



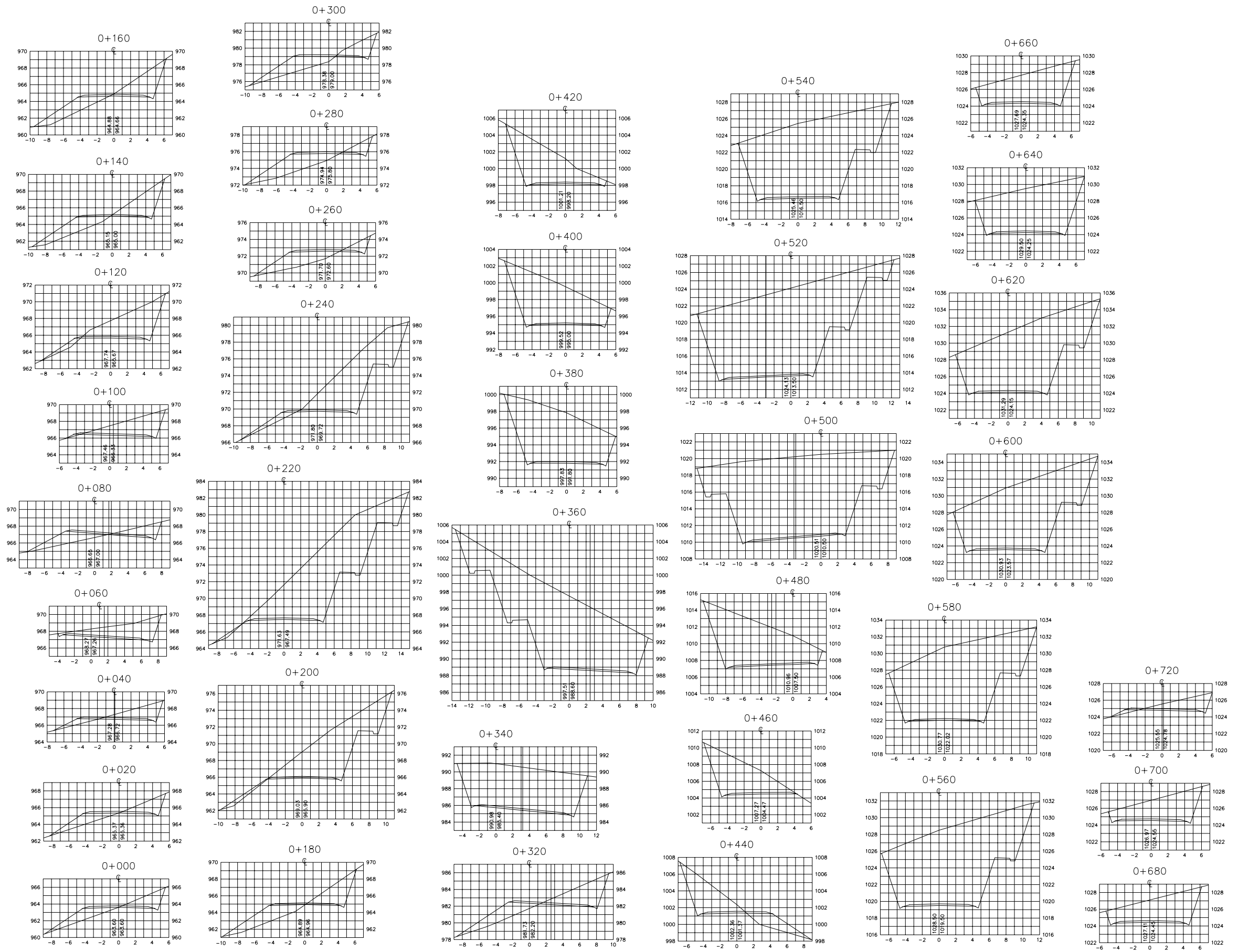


PLANTA - PERFIL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE LA ARADA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA	hoja: pp6 No. general: 10/15	proyecto: CARRETERA DE ALDEA EL REDRO A CASERIO PLAN REDONDO ubicación: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA	contenido de hoja: PLANTA PERFIL propietario: Municipalidad de San José La Arada responsable: Municipalidad de San José La Arada supervisor de EPS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	calculó: Rodolfo Fernández diseñó: Rodolfo Fernández escala horizontal: 1:1000 escala vertical: 1:500	Propietario Planificador Unidad de EPS
---	---	--	---	--	---





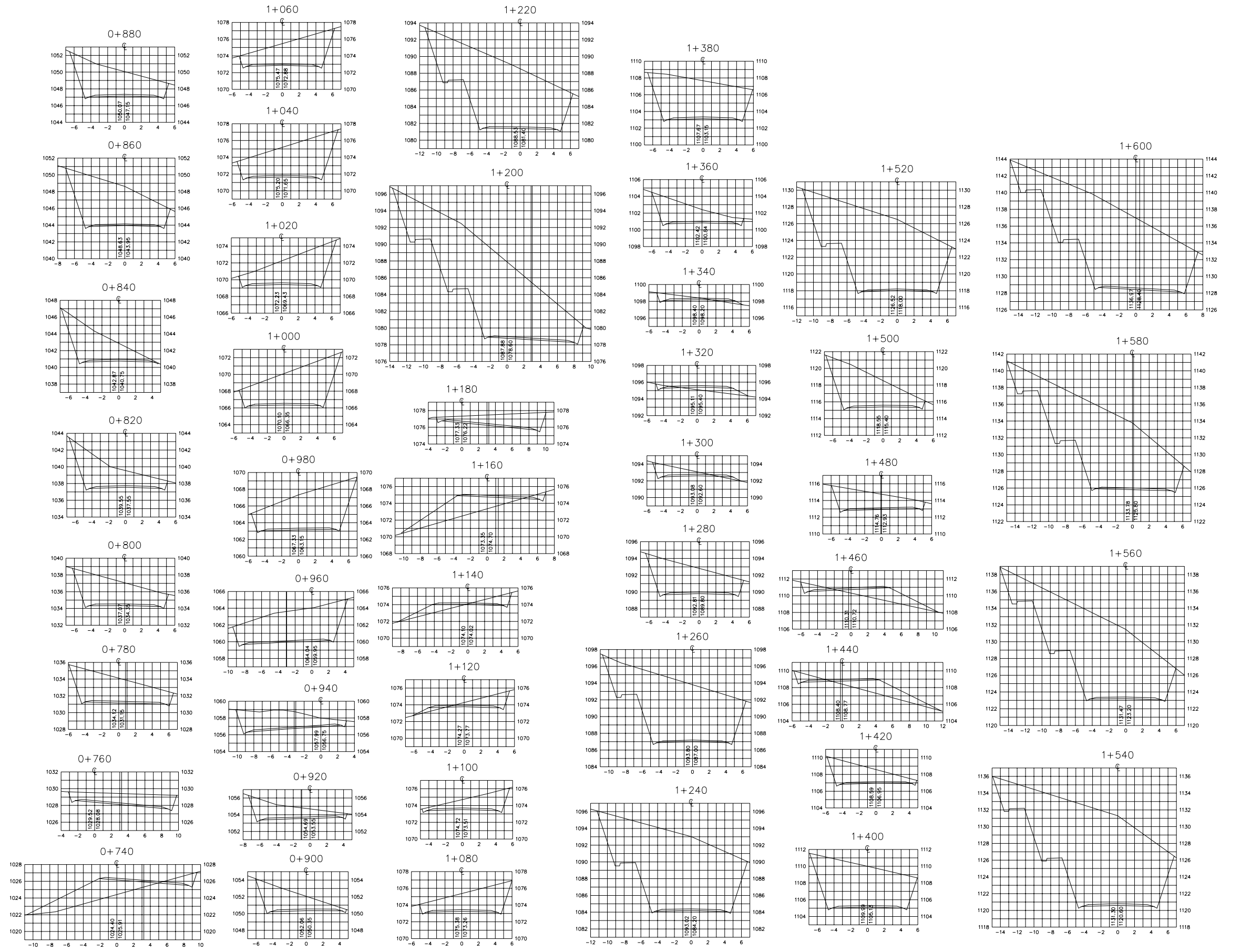
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ LA ARADA
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

hoja: **STI**
No. general: **11/15**

proyecto: **CARRETERA DE ALDEA EL RODEO
A CASERIO PLAN REDONDO**
ubicación: **MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

contenido de hojas:
SECCIONES TRANSVERSALES
propietario: **Municipalidad de San José La Arada**
responsable: **Municipalidad de San José La Arada**
supervisor de EPS: **Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

calculó: **Rodolfo Fernández**
diseñó: **Rodolfo Fernández**
escala horizontal: **1:200**
escala vertical: **1:200**
Planificador Unidad de EPS
Propietario



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ LA ARADA
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

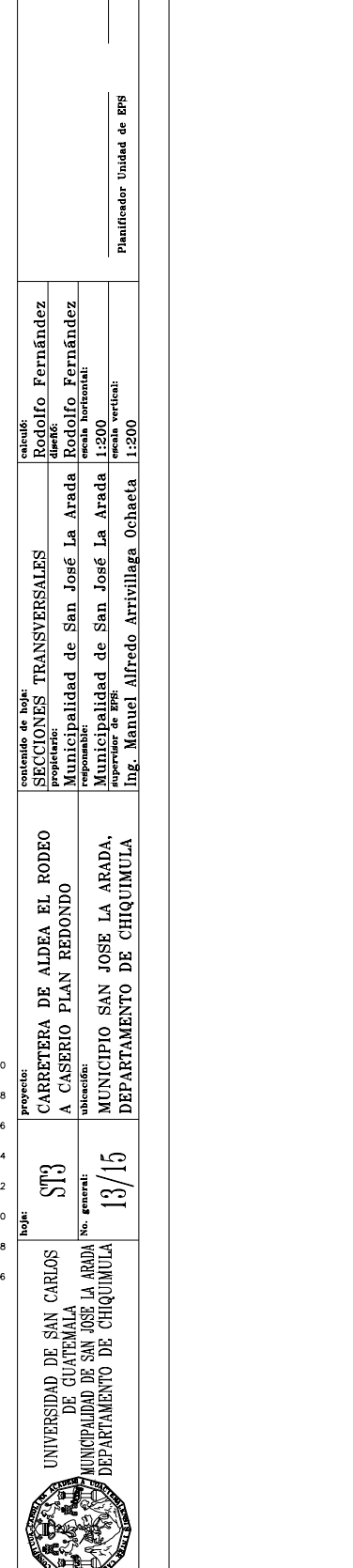
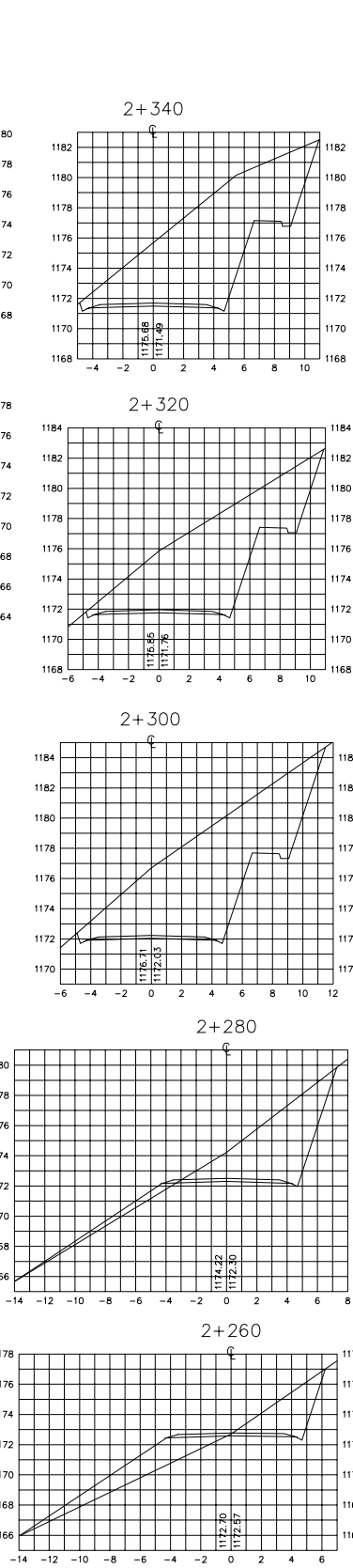
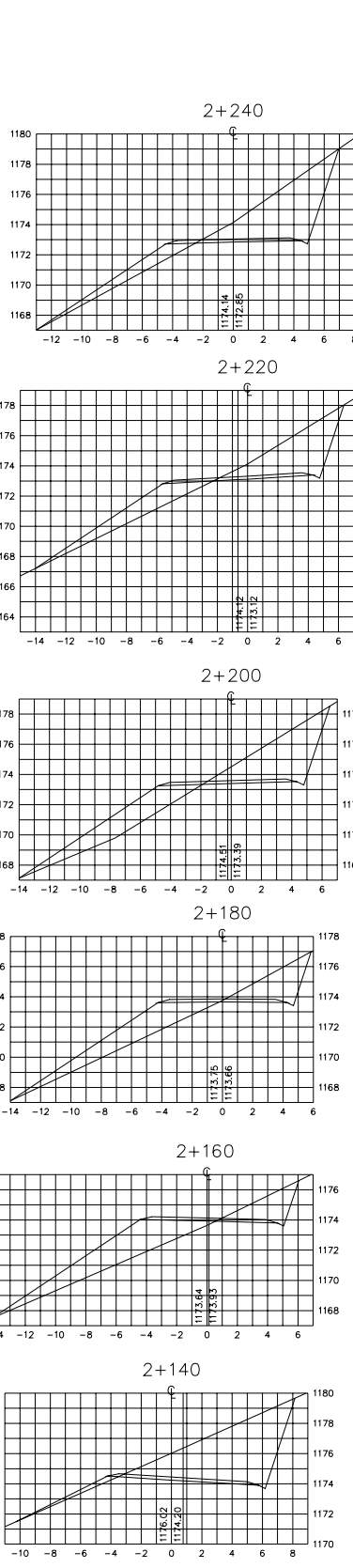
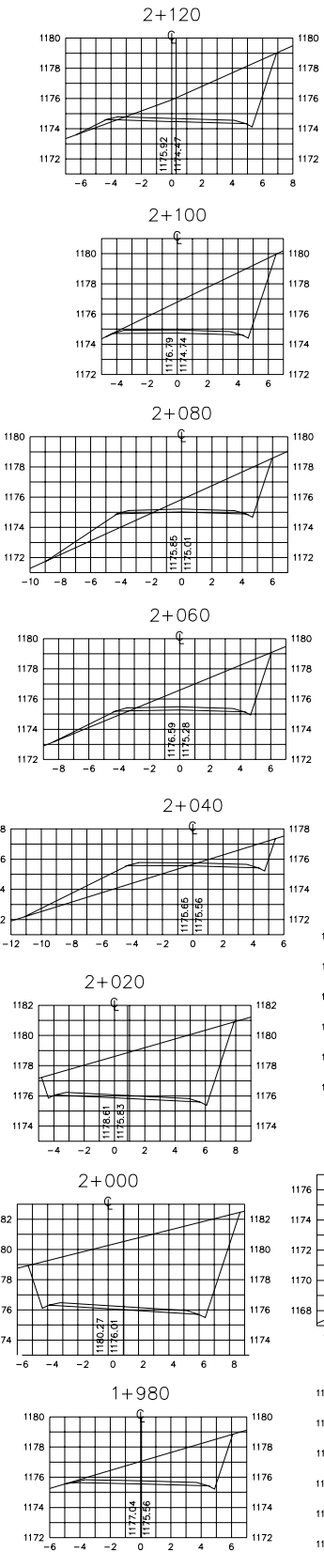
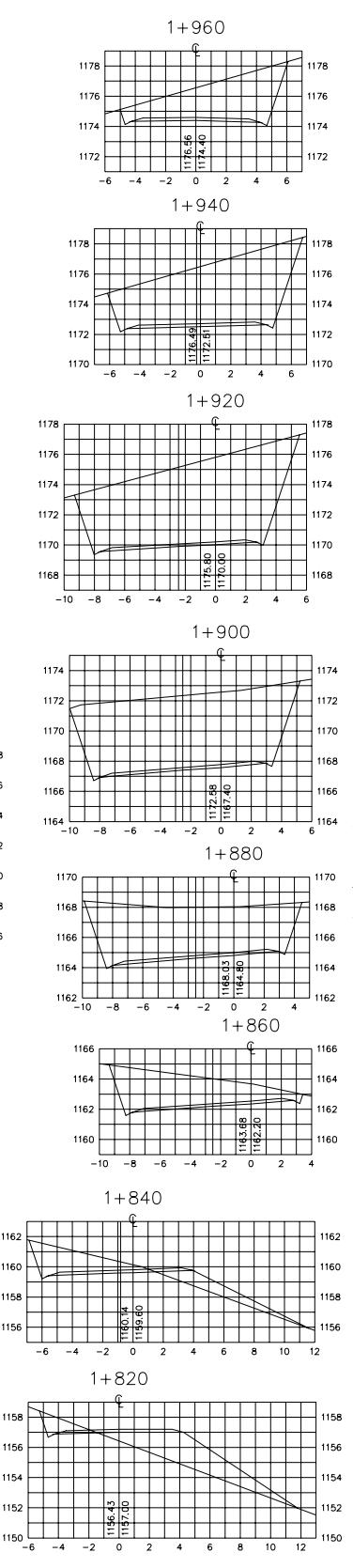
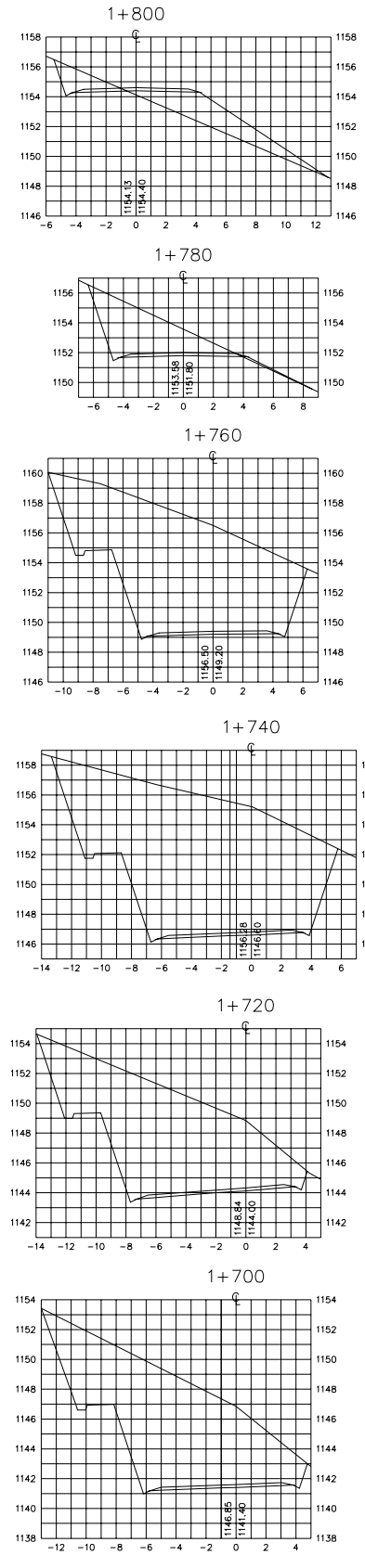
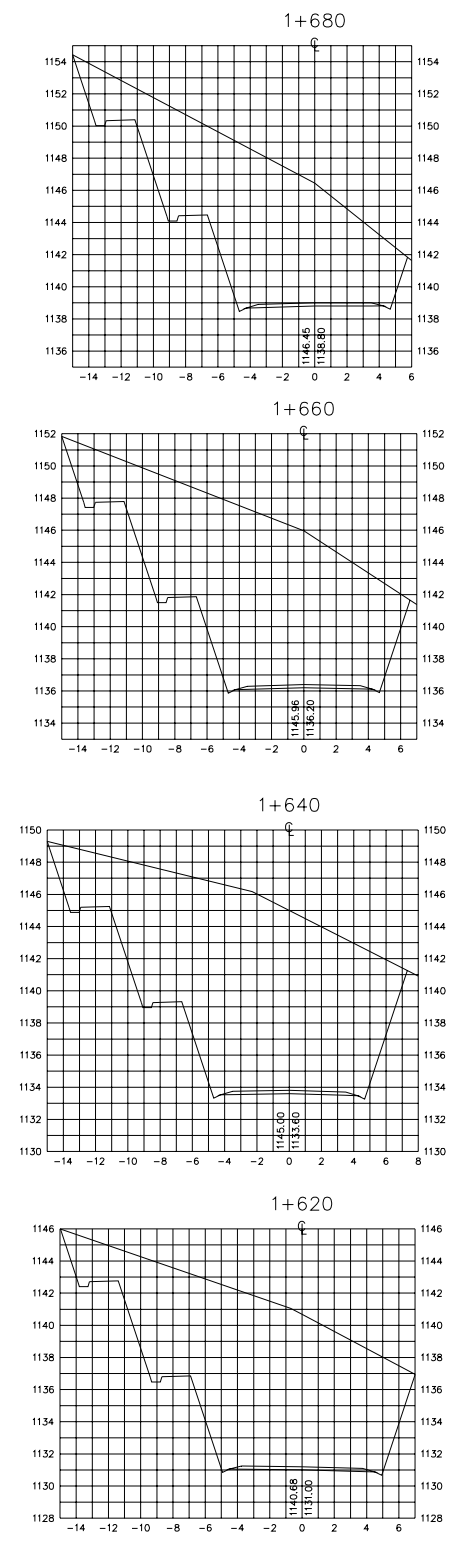
Logo: S12
No. general: 12/15

proyecto: CARRERA DE ALDEA EL RODEO
A CASERIO PLAN REDONDO
ubicación: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

contenido de los: SECCIONES TRANSVERSALES
propietario: Municipalidad de San José La Arada
responsable: Municipalidad de San José La Arada
supervisor de EPS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochacta

calculó: Rodolfo Fernández
diseñó: Rodolfo Fernández
escala horizontal: 1:200
escala vertical: 1:200

Planificador Unidad de EPS
Propietario



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE LA ARADA
DEPARTAMENTO DE CHIMULULA

Hoja: **ST3**
No. general: **13/15**

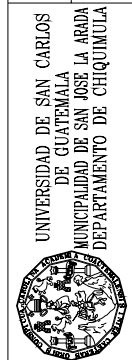
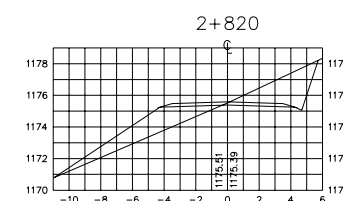
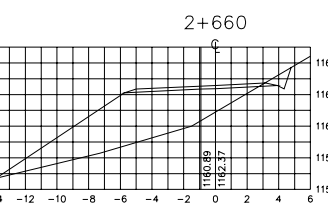
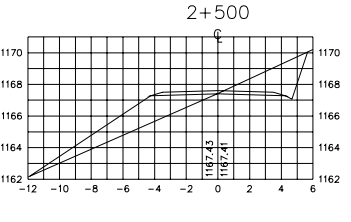
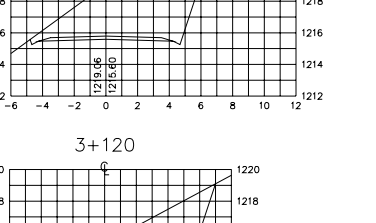
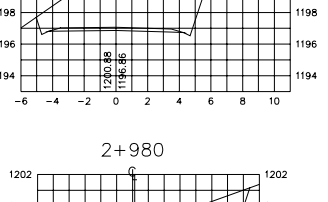
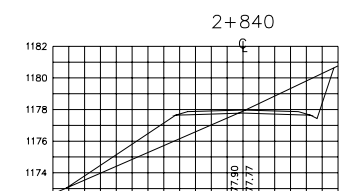
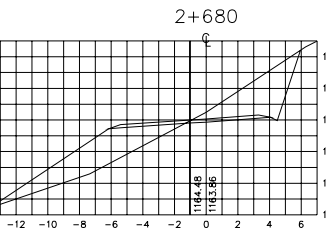
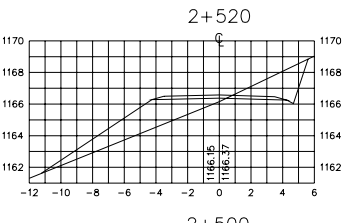
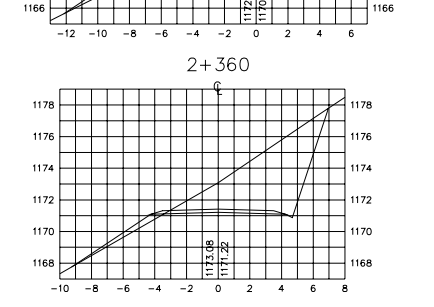
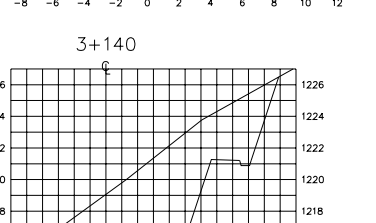
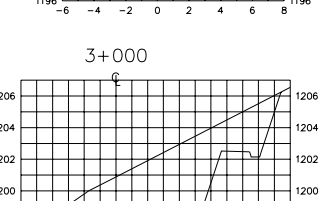
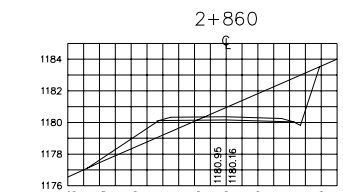
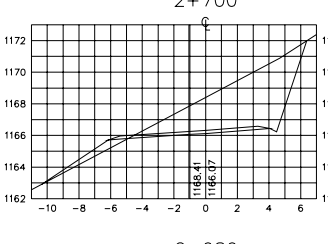
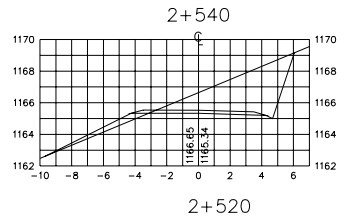
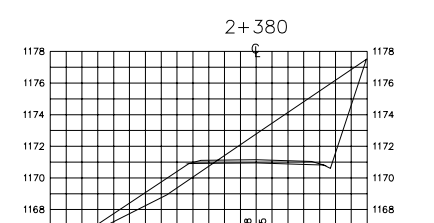
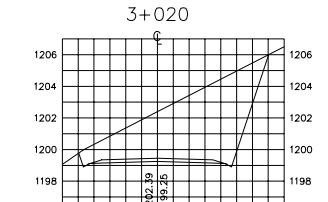
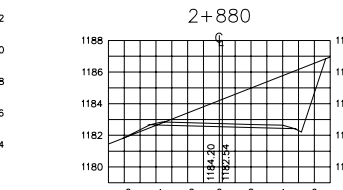
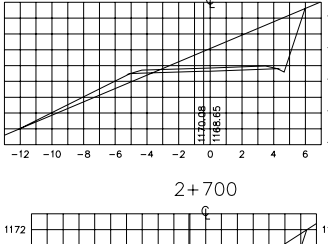
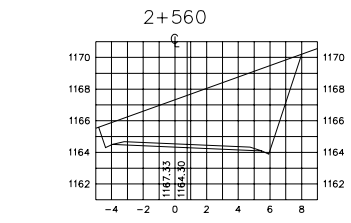
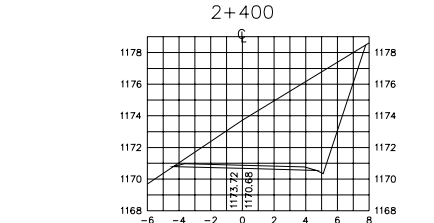
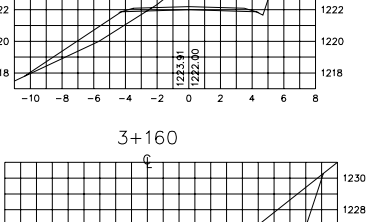
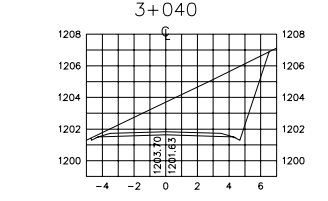
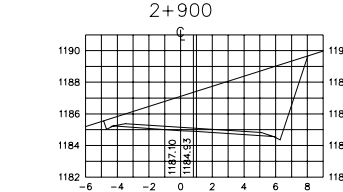
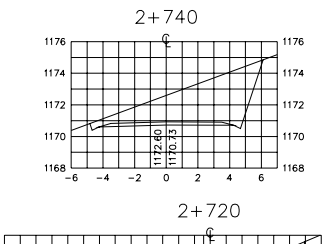
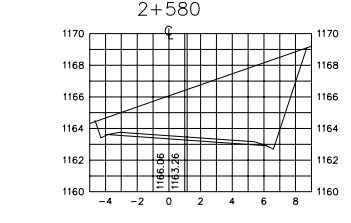
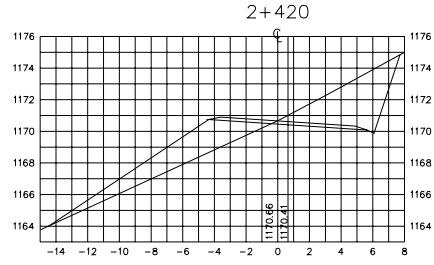
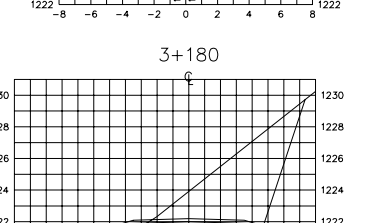
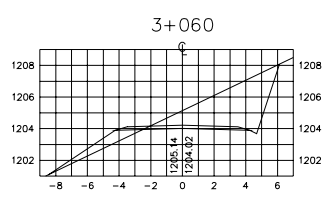
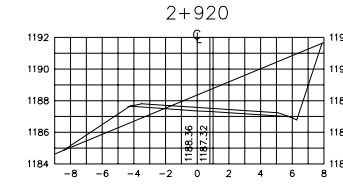
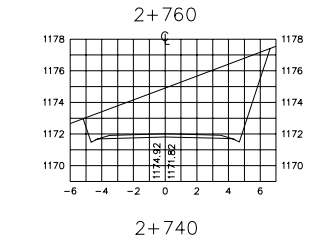
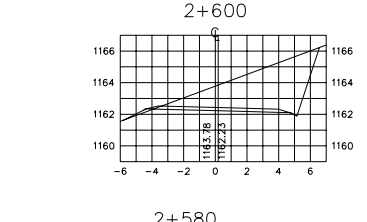
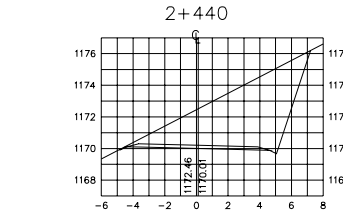
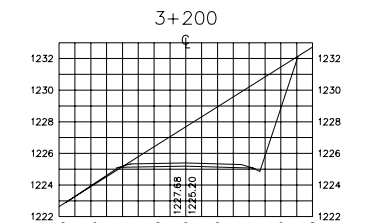
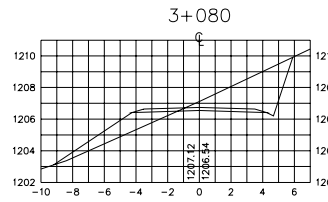
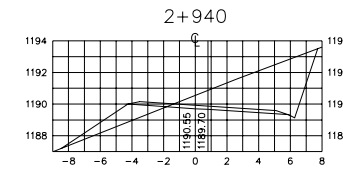
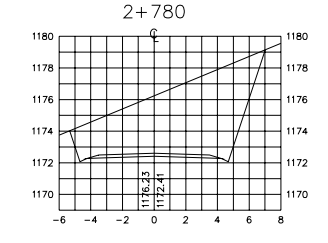
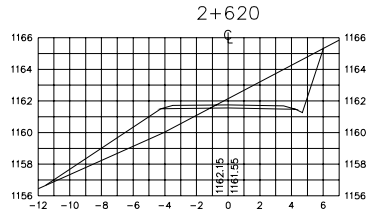
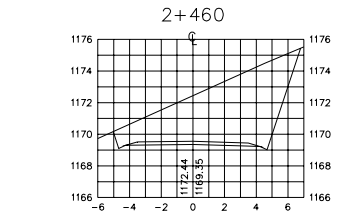
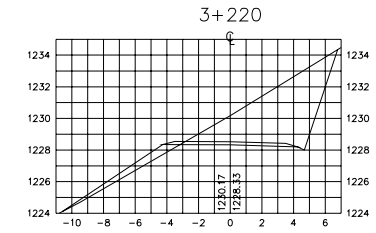
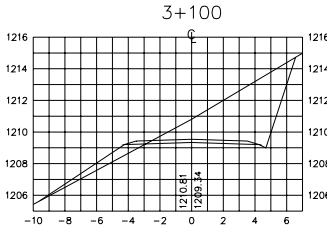
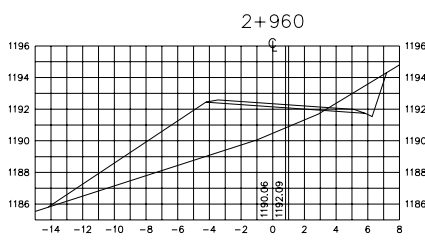
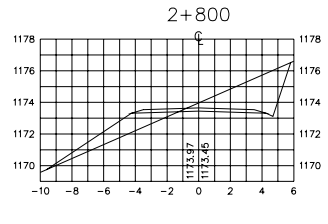
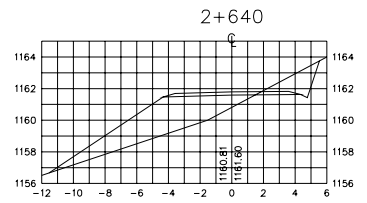
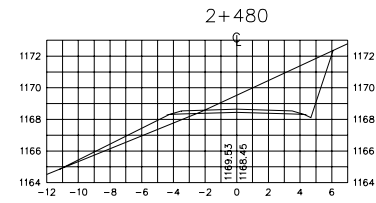
proyecto: **CARRETERA DE ALDEA EL RODEO
A CASERO PLAN REDONDO**
ubicación: **MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA,
DEPARTAMENTO DE CHIMULULA**

contenido de hoja: **SECCIONES TRANSVERSALES**
propietario: **Municipalidad de San José La Arada**
responsable: **Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

calculó: **Rodolfo Fernández**
diseñó: **Rodolfo Fernández**
escala horizontal: **1:200**
escala vertical: **1:200**

Planificador Unidad de EPS

Propietario



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE LA ARADA
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

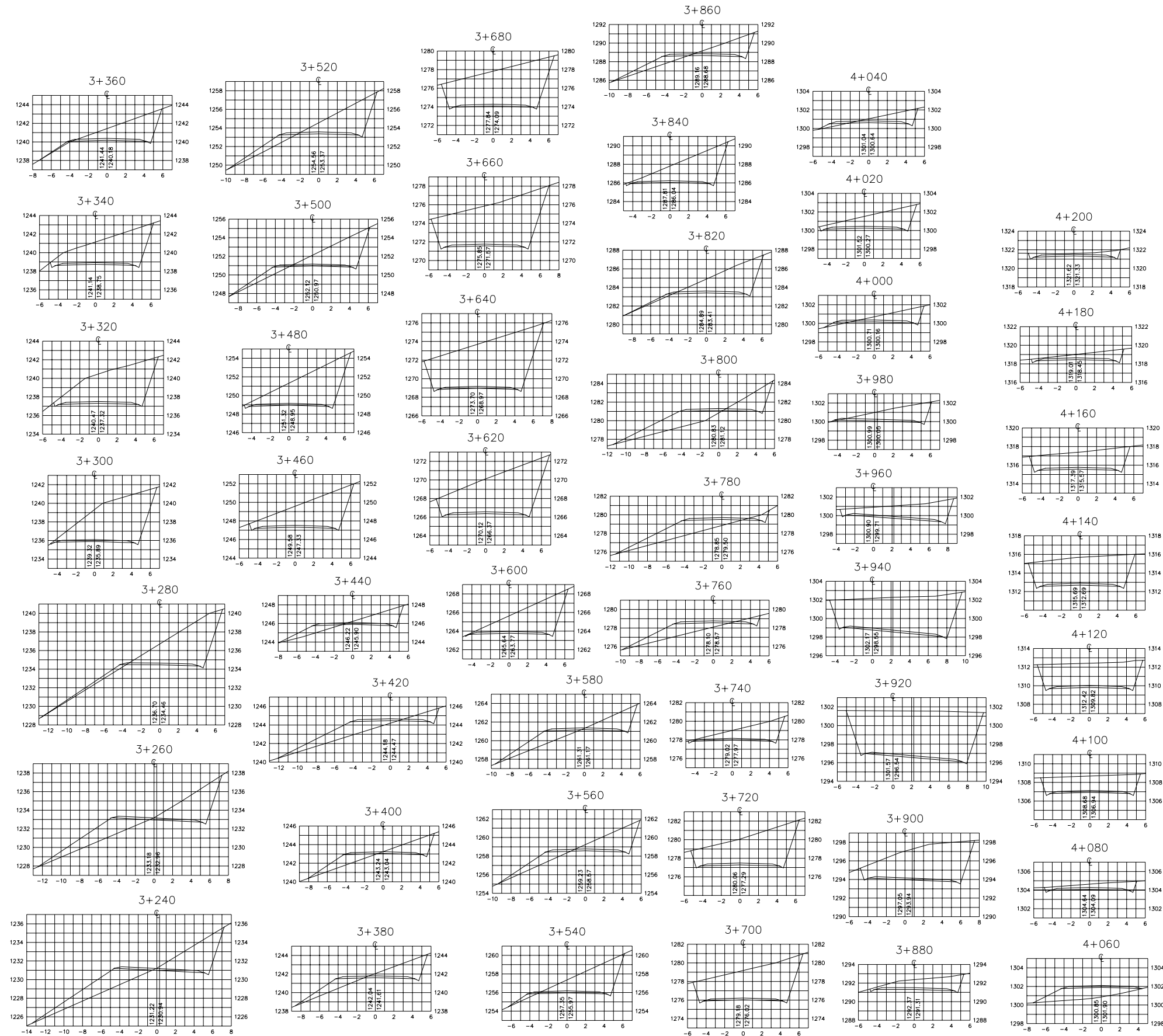
proyecto: CARRTERA DE ALDEA EL RODEO
A CASERIO PLAN REDONDO
subsección: MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

sección de obra: SECCIONES TRANSVERSALES
autor: Rodolfo Fernández
responsable: Rodolfo Fernández
Municipalidad de San José La Arada
Municipalidad de San José La Arada
supervisor de BPS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
escala horizontal: 1:200
escala vertical: 1:200

Planificador Unidad de BPS

Propietario

Hoja: S14
No. general: 14/15



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ LA ARADA
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

Hoja: **ST5**
No. general: **15/15**

Proyecto: **CARRETERA DE ALDEA EL RODEO
A CASERIO PLAN REDONDO**
Ubicación: **MUNICIPIO SAN JOSE LA ARADA,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

Comité de Ingeniería:
SECCIONES TRANSVERSALES
Proyectado: **San José La Arada**
Aprobado: **Municipalidad de San José La Arada**
Autoridad de EPS: **Municipalidad de San José La Arada**

Calculó: **Rodolfo Fernández**
Diseñó: **Rodolfo Fernández**
Escala vertical: **1:200**

Planificador: **Unidad de EPS**
Propietario:

**PLANILLA DE CORRIMIENTOS, SOBREANCHOS Y PERALTES DE
LAS CURVAS HORIZONTALES**

ESTACION	CORRIMIENTO	SOBRE ANCHO	PERALTE IZQUIERDO	PERALTE DERECHO
----------	-------------	-------------	-------------------	-----------------

CURVA 1					
30 KPH	PC	0+020.00		-1.23	-3.00
DER		0+040.00	0.08	1.98	-3.00
G=30.°00'00"	PT	0+051.10	0.87	4.45	-4.45
Δ=67.°10'06		0+060.00	1.58	1.45	6.43
Ls=40		0+080.00	1.69	1.79	7.98
Db=27		0+095.88	0.87	1.00	4.45
		0+100.00	0.44	0.79	3.53
		0+120.00			-0.46
		0+140.00			-2.68

CURVA 2					
20 KPH	PC	0+280.00		-2.17	-3.00
DER		0+300.00	0.00	0.15	0.51
G=70.°00'00"	PT	0+317.06	1.83	1.43	5.00
Δ=159.°03'16		0+320.00	2.57	1.65	5.78
Ls=38		0+340.00	3.19	2.85	10.01
Db=25		0+360.00	2.48	1.61	5.66
		0+362.51	1.83	1.43	5.00
		0+380.00	0.00	0.11	0.40
		0+400.00			-2.22

CURVA 3					
20 KPH	PC	0+440.00		-3.00	-2.20
IZQ		0+460.00	0.00	0.13	-3.00
G=70.°00'00"	PT	0+477.31	1.83	1.43	5.00
Δ=168.°04'34		0+480.00	2.52	1.63	-5.71
Ls=38		0+500.00	3.22	2.85	-10.01
Db=25		0+520.00	2.96	1.83	-6.41
		0+525.33	1.83	1.43	-5.00
		0+540.00	0.02	0.33	-3.00
		0+560.00			-3.00

CURVA 4					
20 KPH	PC	0+700.00		-1.34	-3.00
DER		0+720.00	0.18	0.66	2.33
G=70.°00'00"	PT	0+730.17	1.83	1.43	5.00
Δ=158.°36'18		0+740.00	3.22	2.16	7.59
Ls=38		0+760.00	3.22	2.59	9.08
Db=25		0+775.48	1.83	1.43	5.00
		0+780.00	0.81	1.09	3.81
		0+800.00			-0.66
					-3.00

CURVA 5					
20 KPH	PC	0+900.00		-3.00	-0.50
IZQ		0+920.00	1.06	1.19	-4.17
G=70.°00'00"	PT	0+923.17	1.83	1.43	5.00
Δ=150.°19'17		0+940.00	3.19	2.69	-9.43
Ls=38		0+960.00	3.05	1.88	-6.61
Db=25		0+966.12	1.83	1.43	-5.00
		0+980.00	0.04	0.38	-3.00
		1+000.00			-3.00
					-1.79

ESTACION	CORRIMIENTO	SOBRE ANCHO	PERALTE IZQUIERDO	PERALTE DERECHO
----------	-------------	-------------	-------------------	-----------------

CURVA 6					
20 KPH					
DER	PC				
G=70.°00'00"					
Δ=149.°03'23					
Ls=38	PT				
Db=25					

CURVA 7					
30 KPH					
IZQ	PC				
G=15.°00'00"					
Δ=29.°39'54					
Ls=23	PT				
Db=27					

CURVA 8					
30 KPH					
DER	PC				
G=18.°00'00"					
Δ=26.°12'51					
Ls=27	PT				
Db=27					

CURVA 9					
30 KPH					
IZQ	PC				
G=33.°00'00"					
Δ=69.°55'47					
Ls=42	PT				
Db=27					

CURVA 10					
30 KPH					
IZQ	PC				
G=38.°00'00"					
Δ=166.°03'55					
Ls=44					
Db=27	PT				

ESTACION	CORRIMIENTO	SOBRE ANCHO	PERALTE IZQUIERDO	PERALTE DERECHO
----------	-------------	-------------	-------------------	-----------------

CURVA 11						
30 KPH		1+960.00			-1.31	-3.00
DER	PC	1+980.00	0.06	0.40	1.84	-3.00
G=24.°00'00"		1+989.26	0.53	0.85	3.90	-3.90
Δ=42.°38'38		2+000.00	1.03	1.37	6.29	-6.29
Ls=35	PT	2+020.00	0.86	1.08	4.97	-4.97
Db=27		2+024.79	0.53	0.85	3.90	-3.90
		2+040.00	0.00	0.11	0.51	-3.00
		2+060.00			-1.97	-3.00

CURVA 12						
30 KPH		2+080.00			-2.84	-3.00
DER	PC	2+100.00			-0.62	-3.00
G=21.°00'00"		2+120.00	0.29	0.68	3.16	-3.16
Δ=35.°00'23		2+121.53	0.39	0.75	3.50	-3.50
Ls=32	PT	2+140.00	0.77	1.45	6.75	-6.75
Db=27		2+154.87	0.39	0.75	3.50	-3.50
		2+160.00	0.12	0.51	2.38	-3.00

CURVA 13						
30 KPH		2+180.00			-1.01	-0.74
IZQ	PC	2+200.00	0.23	0.67	-3.00	2.99
G=20.°00'00"		2+201.62	0.33	0.75	-3.35	3.35
Δ=31.°44'03		2+220.00	0.64	1.42	-6.33	6.33
Ls=30	PT	2+233.36	0.33	0.75	-3.35	3.35
Db=27		2+240.00	0.06	0.42	-3.00	1.87
		2+260.00			-3.00	-1.29

CURVA 14						
30 KPH		2+380.00			-0.98	-3.00
DER	PC	2+400.00	0.14	0.56	2.50	-3.00
G=20.°00'00"		2+403.82	0.33	0.75	3.35	-3.35
Δ=31.°35'42		2+420.00	0.64	1.50	6.70	-6.70
Ls=30	PT	2+435.41	0.33	0.75	3.35	-3.35
Db=27		2+440.00	0.11	0.52	2.33	-3.00
		2+460.00			-1.07	-3.00

CURVA 15						
30 KPH		2+520.00			-2.21	-3.00
DER	PC	2+540.00		0.01	0.02	-3.00
G=25.°00'00"		2+557.90	0.59	0.85	3.95	-3.95
Δ=45.°15'01		2+560.00	0.77	0.95	4.41	-4.41
Ls=36	PT	2+580.00	1.15	1.52	7.04	-7.04
Db=27		2+594.10	0.59	0.85	3.95	-3.95
		2+600.00	0.18	0.57	2.65	-3.00

ESTACION	CORRIMIENTO	SOBRE ANCHO	PERALTE IZQUIERDO	PERALTE DERECHO
----------	-------------	-------------	-------------------	-----------------

CURVA 16					
30 KPH	PC	2+620.00		-0.88	-1.81
IZQ		2+640.00	0.01	0.18	0.83
G=24.°00'00"		2+653.79	0.53	0.85	-3.90
Δ=77.°54'30		2+660.00	0.92	1.15	-5.28
Ls=35	PT	2+680.00	1.05	1.70	-7.80
Db=27		2+700.00	1.05	1.70	-7.80
		2+718.72	0.53	0.85	-3.90
		2+720.00	0.42	0.79	-3.61
		2+740.00		-3.00	-0.42
		2+760.00		-3.00	-2.64

CURVA 17					
30 KPH	PC	2+860.00		-0.86	-3.00
DER		2+880.00	0.19	0.62	2.77
G=22.°00'00"		2+883.70	0.41	0.80	3.60
Δ=100.°29'36		2+900.00	0.80	1.60	7.20
Ls=32	PT	2+920.00	0.80	1.60	7.20
Db=27		2+940.00	0.80	1.60	7.20
		2+960.00	0.81	1.55	6.99
		2+975.06	0.41	0.80	3.60
		2+980.00	0.14	0.55	2.49
		3+000.00		-0.99	-3.00

CURVA 18					
30 KPH	PC	3+200.00		-1.98	-3.00
DER		3+220.00	0.00	0.11	0.49
G=15.°00'00"		3+229.33	0.14	0.60	2.60
Δ=31.°33'56		3+240.00	0.29	1.16	5.01
Ls=23	PT	3+260.00	0.29	1.20	5.18
Db=27		3+271.41	0.14	0.60	2.60
		3+280.00	0.00	0.15	0.66
		3+300.00		-1.90	-3.00

CURVA 19					
30 KPH	PC	3+860.00		-2.35	-3.00
DER		3+880.00		-0.13	-3.00
G=35.°00'00"		3+900.00	0.79	0.97	4.17
Δ=121.°15'42		3+902.64	1.17	1.10	4.75
Ls=43	PT	3+920.00	2.23	1.99	8.59
Db=27		3+940.00	2.20	2.20	9.50
		3+960.00	2.20	1.71	7.39
		3+971.93	1.17	1.10	4.75
		3+980.00	0.29	0.69	2.97
		4+000.00		-0.73	-3.00
		4+020.00		-2.95	-3.00

**RESULTADOS DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE
SUBRASANTE**

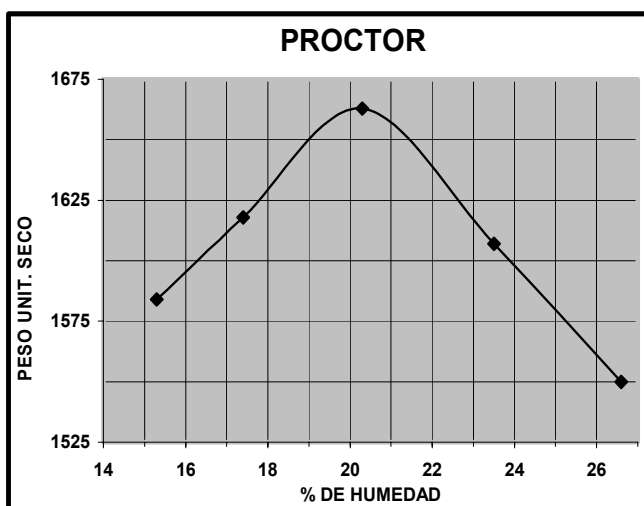
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTACIÓN : 0+500

TIPO DE MATERIAL: Arcilla limosa color beige

CLASIFICACIÓN: A - 6



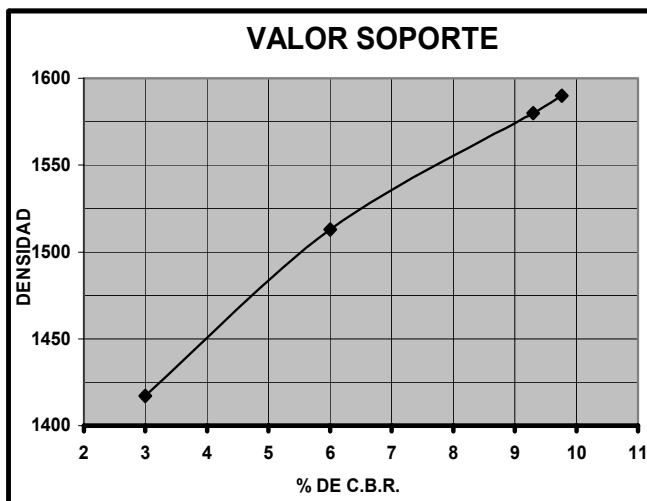
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

DENSIDAD MÁXIMA:

103.7 LB/P³
1663 KG/M³

HUMEDAD ÓPTIMA :

20.3 %



VALOR SOPORTE

CBR AL 95 % DE COMPACTACIÓN

9.3

% DE HINCHAMIENTO MÁXIMO

2.4%

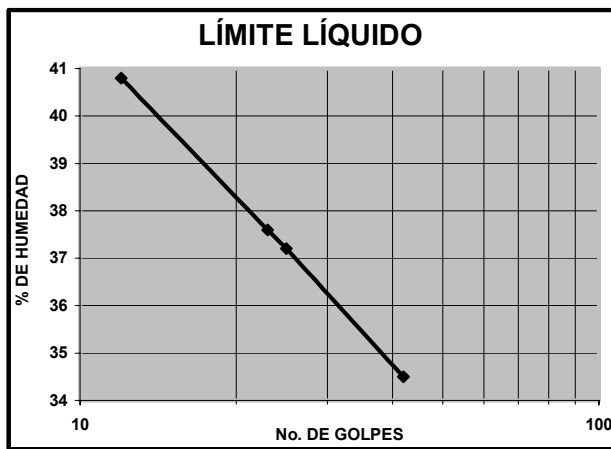
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

ENSAYOS DE LABORATORIO

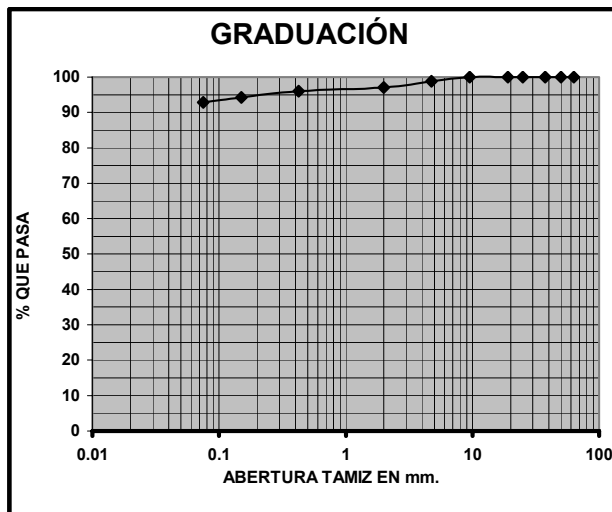
ESTACIÓN : 0+500

TIPO DE MATERIAL: Arcilla limosa color beige

CLASIFICACIÓN: A - 6



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LÍQUIDO:	37.2 %
LÍMITE PLÁSTICO:	23.5 %
ÍNDICE PLÁSTICO:	13.7



GRADUACIÓN	
TAMIZ	% QUE PASA
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	100.0
3/8"	100.0
No. 4	98.8
No. 10	97.1
No. 40	96.0
No. 100	94.3
No. 200	92.8

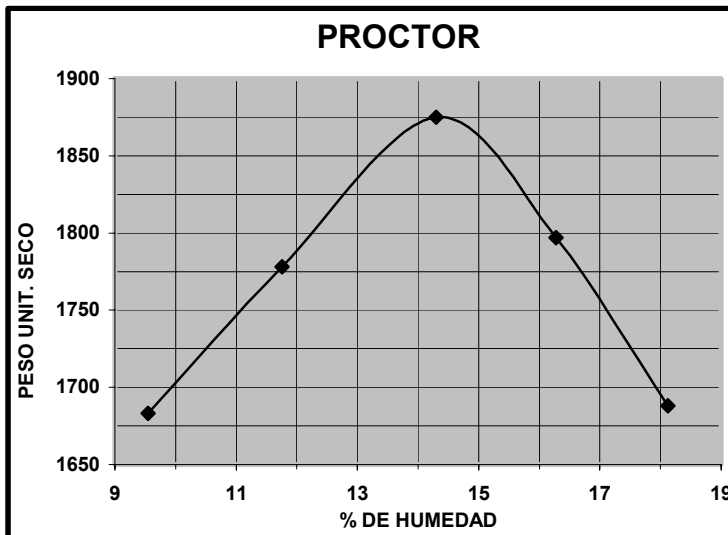
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTACIÓN : 1+500

TIPO DE MATERIAL: Fragmentos de roca con arena arcillosa café

CLASIFICACIÓN: A - 2 - 6



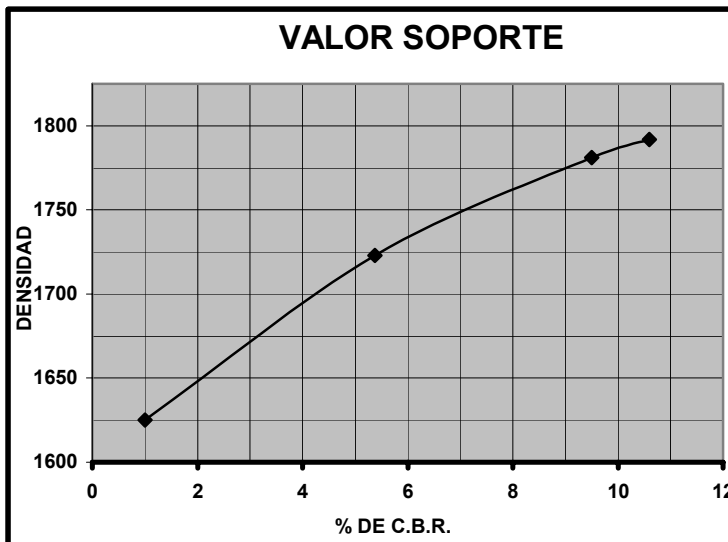
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

DENSIDAD MÁXIMA:

116.9 LB/P³
1875 KG/M³

HUMEDAD ÓPTIMA :

14.3 %



VALOR SOPORTE

CBR AL 95 % DE COMPACTACIÓN

9.5

% DE HINCHAMIENTO MÁXIMO

1.7%

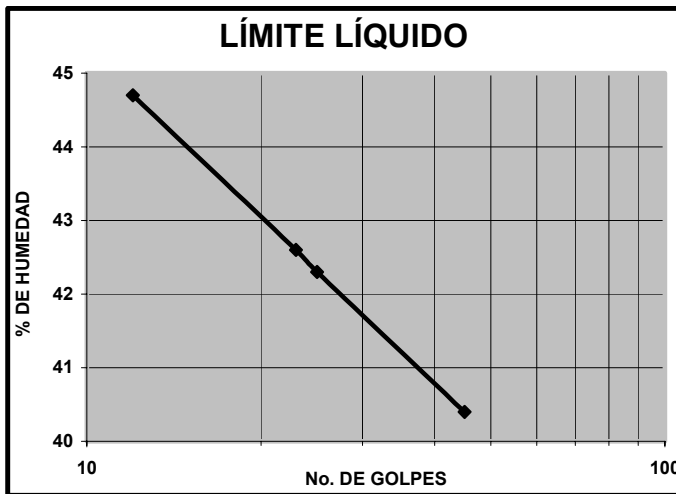
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

ENSAYOS DE LABORATORIO

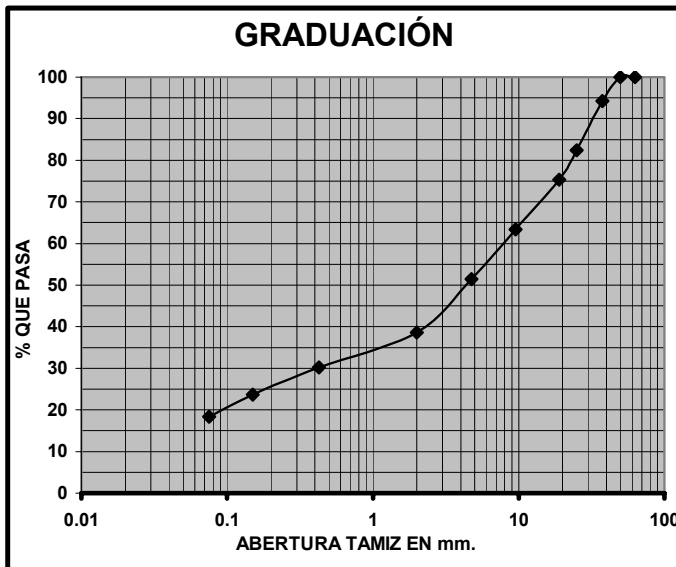
ESTACIÓN : 1+500

TIPO DE MATERIAL: Fragmentos de roca con arena arcillosa café

CLASIFICACIÓN: A - 2 - 6



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LÍQUIDO:	42.3 %
LÍMITE PLÁSTICO:	21.4 %
INDICE PLÁSTICO:	20.9



GRADUACION	
TAMIZ	% QUE PASA
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	94.3
1"	82.4
3/4"	75.3
3/8"	63.4
No. 4	51.4
No. 10	38.6
No. 40	30.2
No. 100	23.7
No. 200	18.4

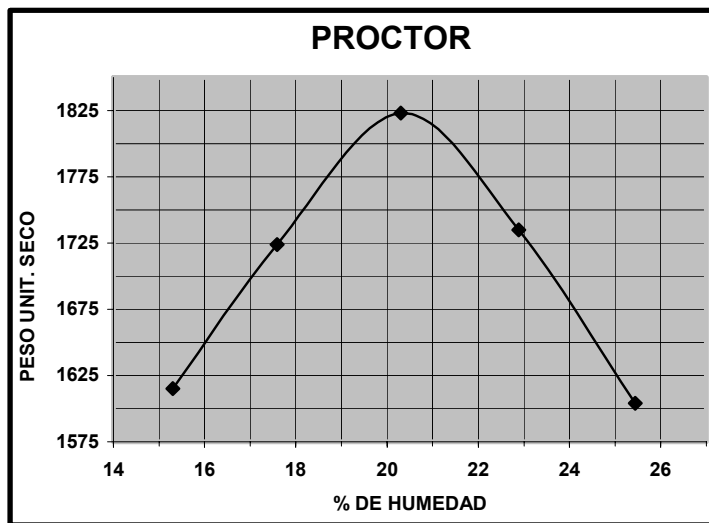
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTACIÓN : 2+500

TIPO DE MATERIAL: Arcilla café con fragmentos de roca

CLASIFICACIÓN: A - 6



PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

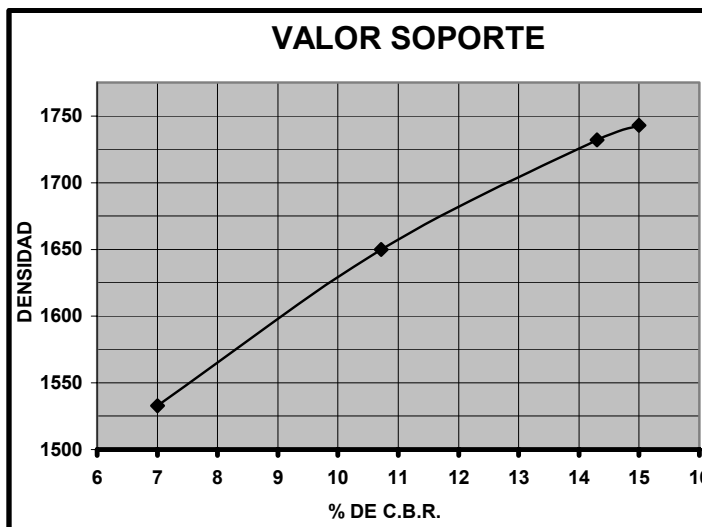
DENSIDAD MÁXIMA:

113.7 LB/P³

1823 KG/M³

HUMEDAD ÓPTIMA :

20.3 %



VALOR SOPORTE

CBR AL 95 % DE COMPACTACIÓN

14.3

% DE HINCHAMIENTO MÁXIMO

1.8%

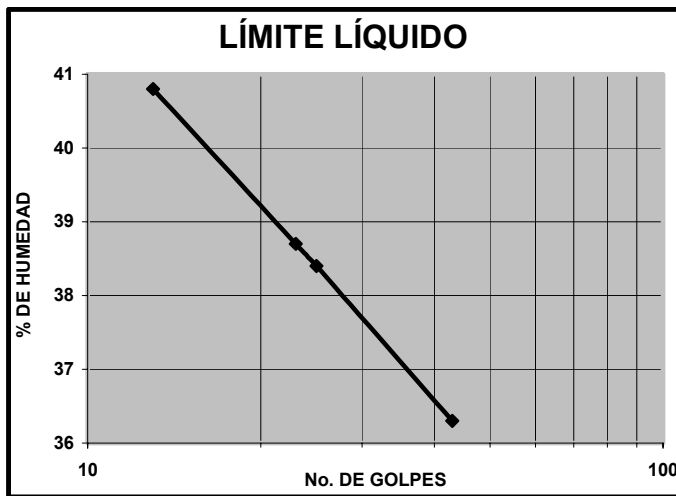
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

ENSAYOS DE LABORATORIO

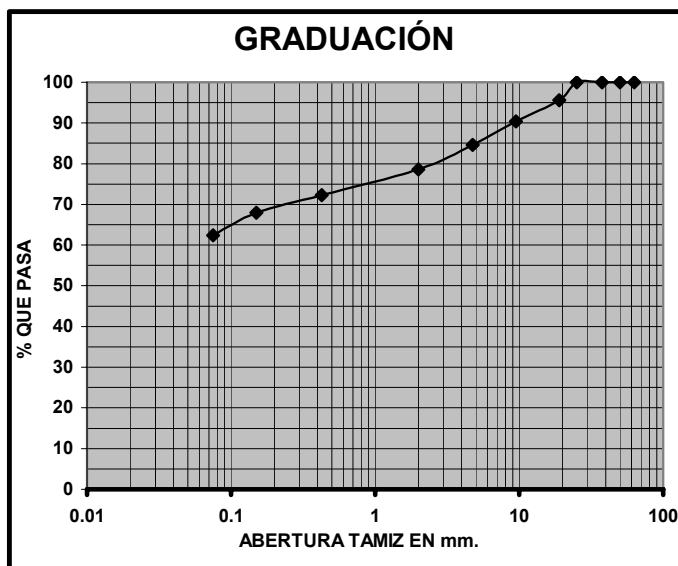
ESTACIÓN : 2+500

TIPO DE MATERIAL: Arcilla café con fragmentos de roca

CLASIFICACIÓN: A - 6



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LÍQUIDO:	38.4 %
LÍMITE PLÁSTICO:	23.5 %
ÍNDICE PLÁSTICO:	14.9



GRADUACIÓN	
TAMIZ	% QUE PASA
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	95.6
3/8"	90.4
No. 4	84.6
No. 10	78.6
No. 40	72.3
No. 100	67.9
No. 200	62.4

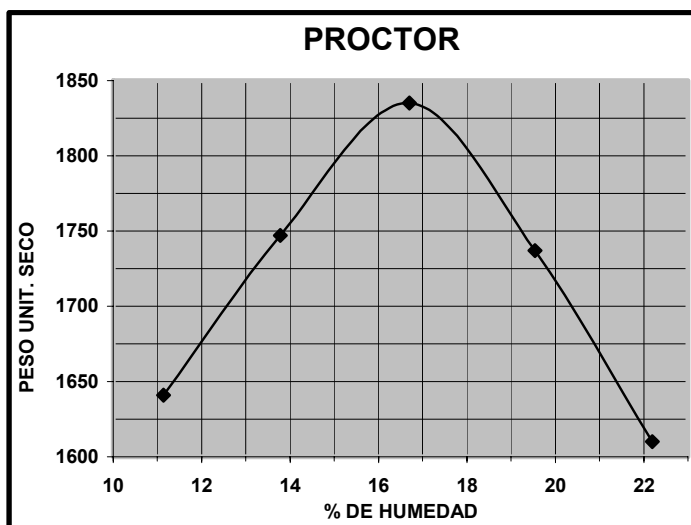
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTACIÓN : 3+500

TIPO DE MATERIAL: Arcilla café claro con fragmentos de roca

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 6



PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

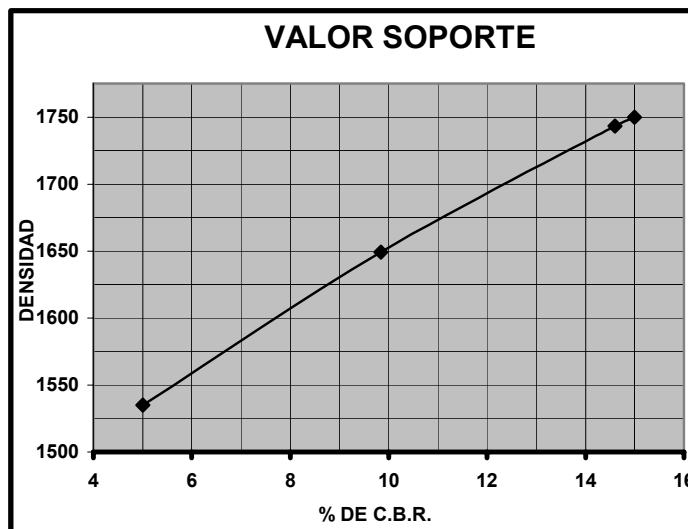
DENSIDAD MÁXIMA:

114.4 LB/P³

1835 KG/M³

HUMEDAD ÓPTIMA :

16.7 %



VALOR SOPORTE

CBR AL 95 % DE COMPACTACIÓN

14.6

% DE HINCHAMIENTO MÁXIMO

2.1%

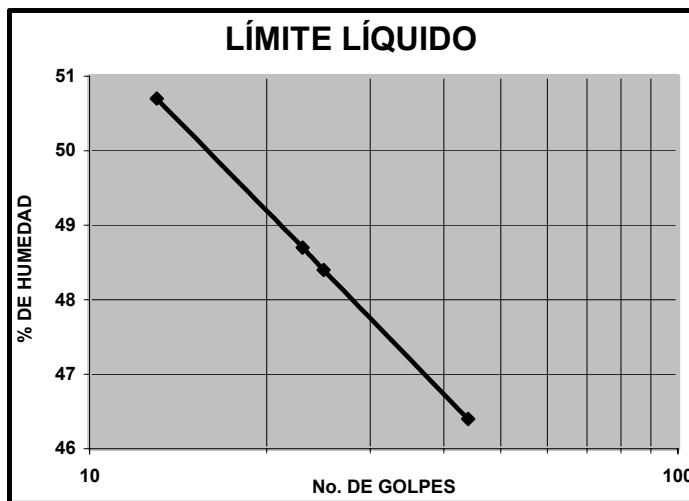
ALDEA EL RODEO - CASERÍO PLAN REDONDO

ENSAYOS DE LABORATORIO

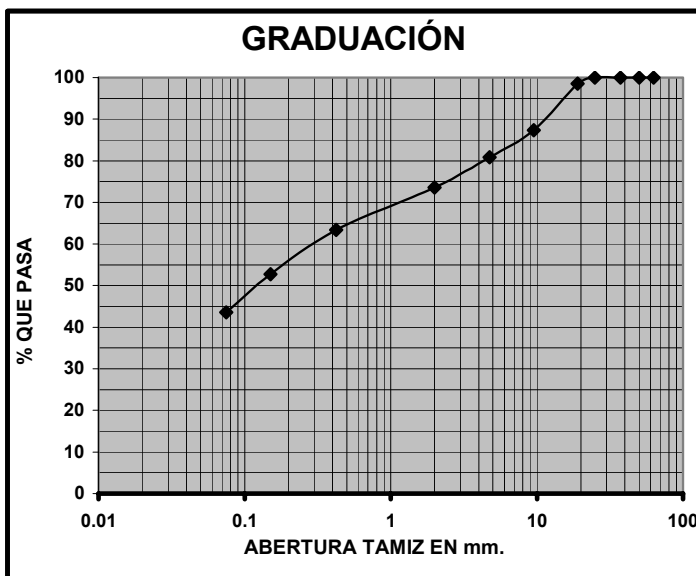
ESTACIÓN : 3+500

TIPO DE MATERIAL: Arcilla café claro con fragmentos de roca

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 6



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LÍQUIDO:	48.4 %
LÍMITE PLÁSTICO:	30.2 %
INDICE PLÁSTICO:	18.2



GRADUACIÓN	
TAMIZ	% QUE PASA
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	98.6
3/8"	87.4
No. 4	80.8
No. 10	73.6
No. 40	63.4
No. 100	52.7
No. 200	43.6

MEMORIA DE CÁLCULO E INVENTARIO DE TUBERÍAS

MEMORIA DE CÁLCULO E INVENTARIO DE TUBERÍAS PROPUESTAS

Cuenca	Estación	L (m)	Hmax (m)	Hmin (m)	ΔH (m)	tc (min)	I (mm/h)	C	Área (m ²)	Área (Ha)	Q (m ³ /s)	\varnothing (m)	\varnothing "	\varnothing " comercial
1	0+000	760	1025	930	95	7.10	156	0.6	7216	0.7	0.19	0.43	16.74	30
2	0+160	157	1124	950	174	0.92	225	0.6	9448	0.9	0.35	0.54	21.23	30
3	0+320	131	1024	980	44	1.26	219	0.6	4113	0.4	0.15	0.39	15.39	30
4	0+480	150	1028	980	48	1.42	216	0.6	9249	0.9	0.33	0.53	20.75	30
5	0+740	183	1065	1038	27	2.23	204	0.6	12746	1.3	0.43	0.58	22.91	30
6	0+940	215	1070	1038	32	2.51	200	0.6	14572	1.5	0.49	0.61	23.91	30
7	1+160	130	1118	978	140	0.80	227	0.6	11924	1.2	0.45	0.59	23.24	30
8	1+320	202	1118	1078	40	2.15	205	0.6	14643	1.5	0.50	0.61	24.18	30
9	1+450	215	1182	1118	64	1.93	208	0.6	17447	1.7	0.61	0.66	25.97	30
10	1+580	230	1170	1120	50	2.29	203	0.6	11955	1.2	0.40	0.57	22.32	30
11	1+700	136	1170	1140	30	1.52	215	0.6	11497	1.1	0.41	0.57	22.46	30
12	1+800	513	1300	1158	142	3.88	184	0.6	38485	3.8	1.18	0.85	33.34	36
13	2+170	290	1280	1170	110	2.22	204	0.6	25314	2.5	0.86	0.75	29.63	30
14	2+340	303	1290	1178	112	2.32	203	0.6	31125	3.1	1.05	0.81	31.94	36
15	2+480	325	1288	1160	128	2.39	202	0.6	26027	2.6	0.88	0.76	29.82	30
16	2+530	208	1280	1147	133	1.41	216	0.6	14385	1.4	0.52	0.62	24.50	30
17	2+650	577	1310	1140	170	4.14	181	0.6	120644	12.1	3.64	1.29	50.88	60
18	2+800	444	1305	1160	145	3.26	191	0.6	58788	5.9	1.87	1.01	39.63	42
19	2+960	257	1287	1200	87	2.11	206	0.6	20688	2.1	0.71	0.70	27.55	30
20	3+260	245	1303	1248	55	2.38	202	0.6	21776	2.2	0.73	0.71	27.89	30
21	3+420	261	1308	1250	58	2.50	200	0.6	34862	3.5	1.16	0.84	33.17	36