



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RAFAELA
Departamento de Ingeniería Civil

ASIGNATURA:

PROYECTO FINAL

Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la Estación Experimental Agropecuaria I.N.T.A.
Rafaela

AUTORES:

Chiatti, Pierluigi.

Girardini, Fernando.

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

Ing. Civil Ruben C. Rosetti.

RAFAELA (SF), Diciembre de 2019

Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la Estación Experimental Agropecuaria I.N.T.A.
Rafaela

Ing. Ruben Carlos Rosetti
Directo de Proyecto Final

Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la Estación Experimental Agropecuaria I.N.T.A.
Rafaela

JURADO 1	JURADO 2	JURADO 3

AGRADECIMIENTOS

A la UTN FRRa y los docentes del Departamento de Ingeniería Civil, por formarnos en esta apasionante profesión.

A nuestras familias, por su constante e incondicional apoyo.

A los compañeros y amigos que formaron parte de este proceso.

Al INTA Rafaela, por su colaboración.

Al Ingeniero Ruben Rosetti por el tiempo dedicado a la realización de este proyecto.

Nuestro profundo agradecimiento.
Pierluigi Chiatti – Fernando Girardini

PRÓLOGO

En muchas ocasiones, las entidades públicas no cuentan con los recursos materiales ni económicos necesarios para el mantenimiento y las reparaciones de sus instalaciones. Consecuentemente el desarrollo de proyectos que generen mejoras sustanciales en sus actividades cotidianas, es aún más dificultoso.

El INTA sede Rafaela no es ajeno a esta realidad y ha sufrido en los últimos años las consecuencias de la falta de recursos para el mantenimiento de su Estación Experimental Agropecuaria. Poder sortear estas dificultades depende de la capacidad de gestión de sus directivos y laboral del personal a cargo.

De manera acertada, la institución decidió recurrir a otra entidad pública como es la U.T.N. F.R.Ra. para trabajar en un objetivo que se volvió común en el marco de este Proyecto Final.

La simbiosis generada en este proceso, permitió a los autores elaborar un trabajo que pretende solucionar los problemas acaecidos en el predio, y que les otorgará la posibilidad de alcanzar su título de grado en la carrera de Ingeniería Civil.

En primera instancia, mediante inspecciones y relevamientos se procuró determinar los causales del avanzado deterioro de los caminos internos, al tiempo que se recabó toda la información que resultara necesaria para el desarrollo de su solución.

Luego, se proponen alternativas que resultan factibles para su construcción considerando aspectos técnicos y económicos.

Finalmente, se incluye el desarrollo de dichas especificaciones técnicas, que deberán tenerse en cuenta al momento de su posible construcción y posterior mantenimiento. Todo ello sin dejar de lado la evaluación del impacto ambiental que podría generar esta obra.

ÍNDICE

CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN GENERAL

I.1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
I.2 OBJETIVOS.....	1
I.2.1 Objetivo General.....	1
I.2.2 Objetivos Particulares.....	2
I.3. ANTECEDENTES.....	2

CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO

II.1 INTRODUCCIÓN.....	4
II.2 PAVIMENTOS FLEXIBLES O ASFÁLTICOS.....	4
II.2.1 Elementos que lo componen.....	4
II.2.2 Sub-base.....	5
II.2.3 Base.....	5
II.2.4 Carpeta de rodamiento.....	5
II.3 DURABILIDAD Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	5
II.4 FACTORES QUE CAUSAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO.....	7
II.4.1 Factores ambientales.....	7
II.4.2 Efectos del tránsito.....	8
II.5 TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	8
II.6 PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS EN SERVICIO.....	8
II.6.1 Información existente.....	8
II.6.2 Examen superficial del pavimento.....	9
II.6.3 Patologías de pavimentos flexibles.....	9
II.6.3.1 Fisuras.....	9
II.6.3.2 Deformaciones.....	11
II.6.3.3 Pérdidas de las capas estructurales.....	12
II.6.3.4 Daños superficiales.....	14
II.7 MANTENIMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DE PAVIMENTOS.....	15
II.7.1 OPCIONES DE REHABILITACIÓN.....	16

CAPÍTULO III – ANÁLISIS DE LA ZONA A INTERVENIR

III.1. INTRODUCCIÓN.....	17
III.2. UBICACIÓN.....	17

III.3. DESCRIPCIÓN DEL PREDIO.....	18
III.3.1 Sectores del predio.....	18
III.3.2 Caminos internos.....	19
III.3.3 Nomenclatura de los caminos.....	20
III.4. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA.....	20
III.5. PLANTEO DE LA PROBLEMÁTICA.....	21
CAPÍTULO IV - METODOLOGÍA DE RELEVAMIENTO E INSPECCIÓN	
IV.1. INTRODUCCIÓN.....	23
IV.2. INSPECCIONES.....	23
IV.2.1 Inspección visual.....	23
IV.2.2 Ensayos in-situ y de laboratorio.....	25
IV.2.2.2 Extracción de testigos.....	26
IV.2.2.3 Ensayo DCP.....	26
IV.2.2.4 Resultados de ensayos realizados.....	26
IV.2.3.5 Otros ensayos.....	31
IV.3 RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	31
IV.3.1 Vinculación al Marco de Referencia Geodésico POSGAR 07.....	32
IV.3.2 Sistema <i>Trimble R8s</i>	32
IV.4 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	33
IV.4.1 Formato de archivo de puntos.....	33
IV.4.2 Importación de puntos – generación del M.D.E.....	34
IV.4.3 Análisis de elevaciones y curvas de nivel.....	35
CAPÍTULO V – HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA	
V.1 INTRODUCCIÓN.....	36
V.1.2 Esquema metodológico para el estudio hidrológico e hidráulico.....	36
V.2. CANALES DE DESAGÜE.....	36
V.3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....	37
V.3.1 Método utilizado – Curva Número S.C.S.	38
V.3.1.1 Exceso de precipitación.....	38
V.3.1.2 Determinación de CN.....	38
V.3.1.3 Cálculo de caudal pico.....	40
V.3.1.4 Tiempo de concentración.....	40

V.3.2	Recopilación de datos meteorológicos.....	40
V.3.2.1	Curvas I-D-F.....	41
V.3.3	Sub-cuencas del predio.....	41
V.3.4	Simulación hidrológica.....	43
V.3.4.1	Utilización de Hydraflow.....	43
V.3.4.2	Hidrograma unitario sintético.....	45
V.3.5	Plano de dinámica hídrica.....	46
V.4	ANÁLISIS HIDRÁULICO.....	46
V.4.1	Utilización de Hydraflow.....	46
V.4.2	Pseudocalibración del modelo.....	47
V.4.3	Condiciones existentes.....	48
V.4.3.1	Dimensionado de cunetas.....	50
V.4.3.2	Dimensionado de Alcantarillas.....	52
V.4.3.3	Dimensionado de albañales.....	54
CAPÍTULO VI – DIMENSIONAMIENTO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL		
VI.1	INTRODUCCIÓN.....	56
VI.2	DISEÑO EMPÍRICO - EXPERIMENTAL AASHTO 93.....	56
I.2.1	Procedimiento de diseño.....	56
VI.2.1.1	Relevamiento de tránsito – E.E.A. INTA Rafaela.....	57
VI.2.1.2	Determinación de ejes equivalentes (W_{18}).....	57
VI.2.1.4	Cálculo del número estructural requerido.....	60
VI.3	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	65
VI.3.1	Coefficientes de capa a_i	65
VI.3.2	Coefficientes de drenaje.....	66
VI.3.3	Espesores mínimos recomendados.....	66
VI.4	CÁLCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL.....	67
VI.4.1	Estimación del número estructural.....	67
VI.4.2	Verificación de las propuestas.....	67
VI.4.2.1	Propuesta 1.....	68
VI.4.2.2	Propuesta 2.....	70
VI.5	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	71

CAPÍTULO VII – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

VII.1 METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	72
VII.1.1 Alcance.....	72
VII.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA BÁSICA.....	72
VII.2.1 Reciclado en frío con incorporación de cemento.....	72
VII.2.1.1 Preparación de la superficie.....	72
VII.2.1.2 Materiales a emplear.....	73
VII.2.1.3 Adición de material importado.....	73
VII.2.1.4 Adición de cemento.....	73
VII.2.1.5 Agua para la construcción.....	73
VII.2.1.6 Control del contenido de humedad del material reciclado.....	73
VII.2.1.7 Prácticas de reciclado.....	74
VII.2.1.8 Inestabilidad de la subrasante.....	74
VII.2.1.9 Limitaciones climáticas.....	74
VII.2.1.10 Compactación y terminación.....	75
VII.2.2 Riego de imprimación con material bituminoso.....	76
VII.2.2.1 Preparación de la superficie para la imprimación.....	76
VII.2.2.2 Materiales empleados.....	76
VII.2.2.3 Regulación de dosificadores.....	76
VII.2.2.4 Riego con material asfáltico sobre la superficie.....	77
VII.2.2.5 Condiciones meteorológicas.....	77
VII.2.3 Riego de liga con material bituminoso.....	77
VII.2.4 Carpeta de concreto asfáltico en caliente.....	78
VII.2.4.1 Mezcla asfáltica.....	78
VII.2.4.2 Equipo de construcción.....	78
VII.2.4.3 Limitaciones de ejecución.....	79
VII.2.5 Terraplenes.....	79
VII.2.5.1 Exigencia de compactación.....	79
VII.2.5.2 Banquinas.....	80
VII.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA OBRAS DE ARTE Y COMPLEMENTARIAS.....	80
VII.3.1 Demolición de alcantarillas existentes.....	80
VII.3.2 Construcción de alcantarillas de tubos de hormigón.....	80

VII.3.3	Reubicación de alcantarillas.....	80
VII.3.4	Cabezales de alcantarillas.....	81
VII.3.5	Albañales.....	81
VII.3.6	Corrimiento de alambrados.....	81
VII.3.6	Corrimiento de alambrados.....	81
VII.4	CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	81
VII.4.1	Mantenimiento de pavimento.....	81
VII.4.2	Mantenimiento de desagües.....	82
CAPÍTULO VIII – CÓMPUTO Y PRESUPUESTO		
VIII.1	INTRODUCCIÓN.....	83
VIII.2	ANÁLISIS DE PRECIOS.....	83
VIII.3	CÓMPUTOS DE OBRA BÁSICA.....	83
VIII.4	PLANILLAS DE OBRAS HIDRÁULICAS.....	84
VIII.5	TOTALES.....	86
CAPÍTULO IX – IMPACTO AMBIENTAL		
IX.1	INTRODUCCIÓN.	
IX.1.1	Generalidades.	87
IX.1.2	Presentación.....	87
IX.1.3	Marco conceptual.....	87
IX.2	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	88
IX.3	RESULTADOS GLOBALES OBTENIDOS.....	90
IX.3.1	Matriz N° 1. Etapa de construcción.....	90
IX.3.2	Matriz N° 2. Etapa de operación.....	92
IX.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GLOBALES OBTENIDOS.....	94
IX.5	CONCLUSIONES.....	94
CAPÍTULO X – CONCLUSIÓN		
X.1	CONCLUSIÓN FINAL.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....		
ANEXO 1 – PLANOS DE OBRA BÁSICA.....		97
ANEXO 2 – PLANOS DE OBRAS COMPLEMENTARIAS.....		125
ANEXO 3 – ENSAYOS DE LABORATORIO.....		131
ANEXO 4 – ANÁLISIS DE PRECIOS.....		141

ANEXO 5 – MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL.....	151
GLOSARIO.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura I.1: Estado de caminos al momento de la solicitud.....	3
Figura I.2: Estado de caminos al momento de la solicitud.....	3
Figura I.3: Días posteriores a una precipitación.....	3
Figura II.1: Sección transversal de camino.....	4
Figura II.2: Indicadores de deterioro en pavimentos.....	6
Figura II.3: Curva de mantenimientos.....	7
Figura II.4: Fisuración en pavimento flexible.....	9
Figura II.5: Piel de cocodrilo en pavimento flexible.....	11
Figura II.6: Ahuellamiento en pavimento flexible.....	12
Figura II.7: Bache en pavimento flexible.....	13
Figura II.8: Parche por reparación de bache en pavimento.....	13
Figura II.9: Pérdida de la totalidad de la capa asfáltica.....	14
Figura II.10: Plan de mantenimiento de un pavimento.....	15
Figura III.1: Ubicación de la E.E.A. – I.N.T.A. Rafaela.....	17
Figura III.2: Distribución general E.E.A. – I.N.T.A. Rafaela.....	19
Figura III.3: Esquema de caminos internos de la E.E.A. – I.N.T.A. Rafaela.....	20
Figura III.4: Pavimentación de caminos internos.....	21
Figura III.5: Anegamientos producidos por precipitaciones.....	22
Figura III.6: Agua estancada en cunetas.....	22
Figura III.7: Trabajos de emergencia.....	22
Figura IV.1: Estado actual de los caminos en la EEA.....	23
Figura IV.2: Patología piel de cocodrilo.....	24
Figura IV.3: Bache en calzada.....	24
Figura IV.4: Alcantarilla obstruida.....	25
Figura IV.5: Alcantarilla con sección reducida por vegetación.....	25
Figura IV.6: Ubicación de calado de testigos y ensayos DCP.....	27
Figura IV.7: Gráfico ensayo DCP N° 1.....	28
Figura IV.8: Gráfico ensayo DCP N°2.....	29
Figura IV.9: Gráfico ensayo DCP N°3.....	29
Figura IV.10: Realización de relevamiento topográfico.....	31
Figura IV.11: Estacionamiento de sistema GPS.....	33

Figura IV.12: Controladora de GPS.....	33
Figura IV.13: Nube de puntos de relevamiento sobre imagen satelital del predio.....	34
Figura V.1: Ubicación de Canal Oeste y A° Las Calaveras.....	37
Figura V.2: Curvas I-D-F de Rafaela.....	41
Figura V.3: Ejemplo de cálculo de CN ponderado (cuena 1).....	43
Figura V.4: Ejemplo de cálculo de Tc (cuena 1).....	44
Figura V.5: Entrada de datos para cálculo de hidrograma.....	44
Figura V.6: Hidrograma de sub-cuenca 1.....	45
Figura V.7: Resultados de pseudocalibración del modelo.....	47
Figura V.8: Parámetros de diseño de cunetas.....	50
Figura V.7: Sección transversal de cuneta en camino 1.....	51
Figura V.8: Parámetros de diseño de alcantarillas.....	52
Figura V.9: Sección longitudinal de alcantarilla en int. Camino 1 y Camino 7.....	53
Figura V.10: Parámetros de diseño de albañales.....	54
Figura V.11: Sección transversal de albañal en Camino 7.....	55
Figura VI.1: Nomogramas para estimación de coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico.....	63
Figura VI.2: Variación de coeficiente de capa para base estabilizada con cemento....	64
Figura VI.3: Variación de coeficiente de capa de sub-base granular.....	65
Figura VI.4: Carta de diseño para pavimentos flexibles basado en el uso de las variables de entrada.....	67
Figura VI.5: Espesores de capas existentes y capas a construir.....	70
Figura IX.1: Distribución porcentual de impactos ambientales (matriz N°1).....	91
Figura IX.2: Distribución porcentual de impactos ambientales (matriz N°2).....	93

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla IV.1: Resultados de mediciones en testigos calados.....	28
Tabla IV.3: Correlación ensayo DCP valor CBR ensayo 1.....	30
Tabla IV.4: Correlación ensayo DCP valor CBR ensayo 2.....	30
Tabla IV.5: Correlación ensayo DCP valor CBR ensayo 3.....	31
Tabla IV.6: Coordenadas POSGAR07 Faja 4 del punto SUNC.....	32
Tabla IV.7: Coordenadas de puntos fijos en Obra de Autopista sobre Ruta Nacional N°34.....	32
Tabla V.1: Clasificación de tipos hidrológicos de suelo.....	38
Tabla V.2: Usos y tratamientos de suelos.....	39
Tabla V.3: Condición previa de humedad en suelo.....	39
Tabla V.4: Determinación de CN según condiciones de cuencas.....	49
Tabla V.5: Características de sub-cuencas del predio.....	42
Tabla V.6: Caudales pico de sub-cuenca.....	45
Tabla V.7: Sumatoria de caudales a evacuar en desagües.....	49
Tabla V.8: Dimensiones de diseño en cunetas.....	52
Tabla V.9: Dimensionamiento de alcantarillas.....	54
Tabla V.10: Dimensionamiento de albañales.....	55
Tabla VI.1: Relevamiento de tránsito E.E.A. INTA – Rafaela.....	57
Tabla VI.2: TMDA inicial considerado para proyecto.....	58
Tabla VI.3: TMDA y composición al año de habilitación – 2021.....	58
Tabla VI.4: Factor destructivo período 2021-2036.....	59
Tabla VI.5: Ejes equivalentes período 2021-2034.....	59
Tabla VI.6: Valores de C.B.R. a través de ensayo D.C.P.....	60
Tabla VI.7: Períodos típicos de diseño.....	60
Tabla VI.8: Factor de distribución por carril D_L	61
Tabla VI.9: Niveles sugeridos de confiabilidad, R	61
Tabla VI.10: Desviación estándar, Z_R	62
Tabla VI.11: Coeficientes de drenaje.....	66
Tabla VI.12: Coeficientes de drenaje recomendados, m_i	66
Tabla VI.13: Espesores mínimos recomendados ASSHTO 93.....	66
Tabla VI.14: Características de capas (propuesta 1).....	68

Tabla VI.15: Determinación de número estructural de proyecto (Propuesta 1).....	69
Tabla VI.16: Características de capas (Propuesta 2).....	70
Tabla VI.17: Determinación de número estructural de proyecto (Propuesta 2).....	71
Tabla VII.1: Entornos granulométricos admitidos.....	78
Tabla VIII.1: Cómputo de carpeta asfáltica y riegos.....	83
Tabla VIII.2: Cómputo de pavimento reciclado con incorporación de cemento.....	84
Tabla VIII.3: Planilla de albañales.....	84
Tabla VIII.4: Planilla de alcantarillas.....	85
Tabla VIII.5: Cómputo y presupuesto total.....	86
Tabla IX.1: Discriminación de los impactos según sus características.....	89
Tabla IX.2: Resultados obtenidos de matriz N°1.....	90
Tabla IX.3: Resumen de resultados obtenidos de matriz N°1.....	91
Tabla IX.4: Resultados obtenidos de matriz N°2.....	92
Tabla IX.5: Resumen de resultados de matriz N°2.....	93

ABREVIATURAS:

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
CBR	California Bearing Ratio.
DNV	Dirección Nacional de Vialidad.
EEA	Estación Experimental Agropecuaria.
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental.
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental.
GNSS	Global Navigation Satelital System.
GPS	Global Positioning System.
IGN	Instituto Geográfico Nacional.
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
MDE	Modelo Digital de Elevaciones.
PETG	Pliego de especificaciones técnicas generales.
RCS	Resistencia a la compresión simple.
RTK	Real Time Kinematic (Posicionamiento cinemático en tiempo real).
SCS	Soil Conservation System.
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Los caminos rurales son elementos esenciales para el desarrollo social y económico de las comunidades. Su elevada importancia exige la realización de proyectos que deben planearse respetando el medioambiente, cumpliendo con requisitos técnicos que brinden seguridad y que permitan obtener una prolongada vida útil de las vías.

Resulta preponderante el rol de la ingeniería en general, y del ingeniero civil en particular, para la planificación, diseño, construcción y conservación de las obras viales; administrando y tomando decisiones, con el objetivo de prevenir y/o evitar impactos ambientales adversos.

En este tipo de obras es fundamental realizar un buen drenaje y sub-drenaje, que permita proteger la calidad del agua superficial y subterránea, conservando la estructura del camino a lo largo de toda su vida útil.

La Estación Experimental Agropecuaria (EEA), que posee el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Rafaela no es ajena a esta realidad. Atento a la importancia de las actividades que comenzó a desarrollar la misma en la década del 70, surgió la necesidad de proyectar y construir caminos pavimentados con concreto asfáltico.

Dicha mejora fue sumamente importante para el crecimiento de la institución en sus inicios. No obstante, en los últimos años, se ha visto un acelerado deterioro de las vías transitables, posiblemente producto del incremento del tránsito de vehículos tanto livianos como pesados. Los cambios en el entorno, también han producido inundaciones y anegamientos durante períodos prolongados, motivado por el escaso mantenimiento que han recibido.

A partir de estos inconvenientes, surge la necesidad de realizar un estudio detallado del estado actual de los caminos internos del predio, definir las causas de sus patologías, encontrar las soluciones más convenientes y desarrollar un nuevo proyecto ingenieril que enmiende la situación de anegamientos generados en épocas de intensas precipitaciones.

I.2 OBJETIVOS.

I.2.1 Objetivo General.

Elaborar un diagnóstico del estado actual de los caminos internos de la EEA de INTA Rafaela y realizar un proyecto adecuado a los nuevos requerimientos de la institución.

I.2.2 Objetivos Particulares.

- Relevar el estado actual de los caminos internos
- Analizar y Diagnosticar el estado de los mismos.
- Analizar materiales y técnicas constructivas posibles (Aspectos favorables y desfavorables).
- Resolver la problemática de infraestructura que padece la institución.
- Evaluar diferentes alternativas y adoptar la solución técnico-económica más conveniente.

- Analizar impactos ambientales.

I.3. ANTECEDENTES.

El presente informe, surge de una solicitud realizada por personal de la Estación Experimental Rafaela, formalizada a través de su Director, el Sr. Jorge Villar (2016):

“INFORME DE ESTADO ACTUAL DE CAMINOS INTERNOS:

El predio de la Estación Experimental de INTA Rafaela, ubicado sobre la Ruta Nacional N°34 en el Km 227, entre las poblaciones de Rafaela y Lehmann, cuenta con aproximadamente 6.800 metros lineales de caminos internos pavimentados, la mayor parte constituida por concreto asfáltico con sectores específicos de pavimento articulado de hormigón.

En base a los relevamientos realizados en el lugar, y con el asesoramiento del Departamento de Obras Públicas de la Municipalidad de Rafaela, es posible determinar que aproximadamente el 50% de la carpeta asfáltica tiene un deterioro total, habiendo recibido gran cantidad de bacheos localizados, pero sin lograr un resultado prolongado en el tiempo.

Por este motivo y en base a las investigaciones llevadas a cabo se entiende que aproximadamente unos 3.000 metros lineales de carpeta asfáltica se encuentran en estado irreversible de deterioro, por lo que se proyecta su reemplazo por pavimento de hormigón en espesor de 18 cm. El ancho promedio de los caminos es de 6 metros con banquetas de 1 metro a cada lado.

Cabe aclarar que actualmente ingresan al predio vehículos de gran porte, dirigidos a las unidades de producción, como por ejemplo camiones de transporte de leche o alimentos para ganado, así como también aumentó en el tiempo la cantidad de vehículos de la flota de INTA, y particulares que utilizar los caminos en cuestión.

Remitiéndonos a los antecedentes históricos de la EEA se conoce que la construcción de la carpeta asfáltica afectada data de las décadas de los años 70/80, habiéndose cumplido y en gran manera su vida útil a la fecha. Más allá de esta cuestión se aclara que el mayor deterioro sufrido por la carpeta fue causado por las inundaciones del mes de marzo de 2016.

Para la proyección de las obras a ejecutar y su valuación se solicitará el apoyo del Laboratorio de Ingeniería Civil de la UTN Facultad Regional Rafaela”.



Figura I.1: Estado de caminos al momento de la solicitud. Fuente: INTA, 2018.



Figura I.2: Estado de caminos al momento de la solicitud. Fuente: INTA, 2018.



Figura I.3: Días posteriores a una precipitación. Fuente: INTA, 2018.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II.1 INTRODUCCIÓN.

El pavimento es la estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función permitir el tránsito de vehículos:

- Con seguridad.
- Con comodidad.
- Con el menor costo de operación.

Las características más importantes que deben presentar los pavimentos son:

- Superficie uniforme.
- Superficie impermeable.
- Resistencia a la repetición de cargas.
- Resistencia a la acción del medio ambiente.
- No transmitir a las capas inferiores esfuerzos mayores a su resistencia.

Las denominadas mezclas asfálticas y el hormigón son los materiales más habituales para crear el *pavimento urbano*, ya que tienen un buen rendimiento de soporte y permiten el paso constante de vehículos sin sufrir grandes daños.

II.2 PAVIMENTOS FLEXIBLES O ASFÁLTICOS.

En general, están conformados por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una de sub-base, que usualmente están constituidas por material granular.

Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada *sub-rasante*.

Son aquellos cuya resistencia a la flexión es reducida, siendo estos los más adecuados para la construcción de caminos rurales.

Resultan económicos para el costo de la obra y su mantenimiento es considerablemente más sencillo que un pavimento rígido.

II.2.1 Elementos que lo componen.

En la figura II.1 se pueden observar los elementos que componen la sección transversal de un camino. Cada uno de ellos se diferencia del resto por la función que cumple y los materiales que lo componen. Es conveniente iniciar esta descripción por la parte inferior, donde se encuentra la sub-rasante. Ésta, es el terreno natural, del cual se ha eliminado el suelo vegetal; puede ser estabilizado con agentes químicos o físicos, para proceder luego, a su compactación. Oficia de fundación del paquete estructural del camino.

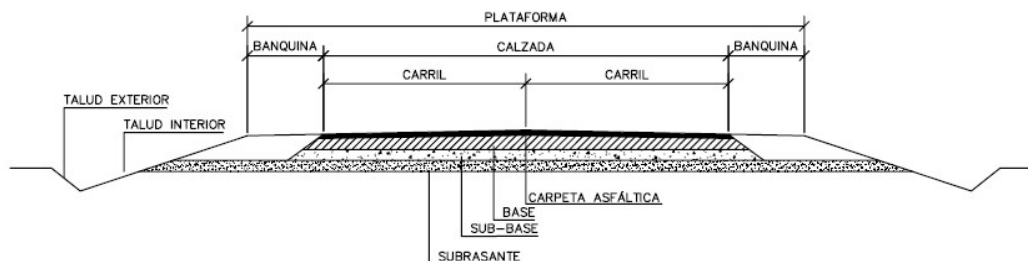


Figura II.1: Sección transversal de camino. Fuente: adaptada de Dal-Re, 2001.

Las cargas provenientes del tránsito decrecen con la profundidad, es por ello que el paquete estructural puede dividirse en capas que presentan mayor resistencia en la parte superior y la utilización de materiales de menor calidad (por lo tanto más económicos) en la parte inferior.

La sub-base y la base, están compuestas de suelo seleccionado, siendo la primera la inferior. Por encima de ellas, se ubica la carpeta de rodamiento, que es la capa superior del paquete estructural y la más resistente.

Es importante destacar que no siempre se encuentran las tres capas presentes, ya que, su definición y espesores estarán sujetos al tipo de materiales que se utilicen y al volumen de tránsito que circule por el camino.

Fuera de lo que se entiende por capas resistentes, pero formando parte de la sección del camino, se pueden distinguir las banquetas, a ambos lados de la calzada; y las cunetas, que no tienen función estructural pero son muy importantes para la conservación de los caminos. En el desarrollo del informe, se hace mención a la influencia sumamente negativa que puede acarrear su sub-dimensionamiento o su falta de mantenimiento.

Se describen los componentes del paquete estructural de un pavimento flexible:

II.2.2 Sub-base.

Es la capa inferior del pavimento, descansa directamente sobre la sub-rasante. Nunca entra en contacto con los vehículos que transitan el camino. Tiene como funciones principales evitar la ascensión capilar desde la sub-rasante hacia la base, al tiempo que disminuye las tensiones recibidas en el sentido contrario.

Reduce considerablemente el costo del paquete estructural, ya que está compuesto por materiales de menor calidad que la base y tiene requerimientos constructivos menos exigentes.

II.2.3 Base.

La capa más importante del pavimento, puede oficiar de carpeta de rodamiento en caso de no existir una capa superior. Los materiales que se utilizan en ella son de mayor calidad que los de la sub-base y con requerimientos constructivos mayores. En algunas situaciones deben resistir los efectos de agentes meteorológicos.

II.2.4 Carpeta de rodamiento.

Es la que soporta directamente las acciones del tránsito, no solo como esfuerzos verticales sino también horizontales. Facilita la circulación aún en condiciones climáticas adversas. Sus componentes principales son agregados pétreos y material bituminoso.

II.3 DURABILIDAD Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Como cualquier estructura, los pavimentos poseen una vida útil determinada. Que el mismo pueda cumplir este período dependerá fundamentalmente de: su calidad constructiva, del modo de uso y, en gran parte, de su mantenimiento.

El deterioro de los caminos impacta de manera directa e indirecta en el costo de operación de los usuarios y de las restantes actividades económicas y sociales. Por ello, es indispensable la decisión de realizar operaciones de mantenimiento, que puedan favorecer el cumplimiento de la vida útil estimada y, en algunos casos, prolongarla.

El mantenimiento se torna día a día más importante, en función del deterioro de las obras que se incrementa con el paso del tiempo.

Las obras viales insumen, al momento de su construcción, una gran inversión. Es por ello que resulta indispensable, disponer de recursos asignables a tareas de mantenimiento.

El deterioro de los pavimentos es normalmente, medido de manera indirecta por la calidad de rodado, aunque existen a su vez indicadores visibles como son el ahuellamiento y agrietamiento superficial, de gran importancia también. La figura II.2 muestra como estas 3 características relacionan el paso del tiempo y el efecto acumulativo de las cargas de tránsito.

El deterioro gradual (no lineal) de los pavimentos, es causado por una combinación de los factores ambientales y de tránsito.

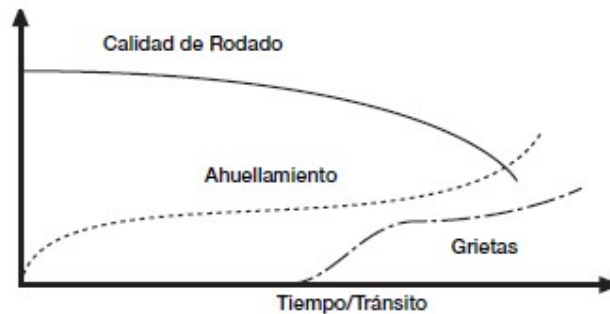


Figura II.2: Indicadores de deterioro en pavimentos. Fuente: Wirtgen GmbH, 2004.

Al observar las curvas de la figura se concluye que, el estado de un camino sufre una pérdida permanente de su estado inicial, ocasionado por la acción del tránsito y los agentes atmosféricos.

Allí también se evidencia que el deterioro de un camino no responde a un cambio constante en el tiempo, sino que se incrementa en cuanto se va acercando al final de la vida útil. Es así que se entiende que, a medida que avanza el tiempo, y por tanto el deterioro, las tareas de mantenimiento para devolverle a la estructura un estado aceptable como bueno, serán cada vez de mayor complejidad.

Ante lo expresado, es posible, antes de definir la oportunidad de realizar una intervención, determinar ¿Cuándo? ¿Cómo? y ¿Dónde? Concretarla.

Dado que las respuestas a los interrogantes están en íntima relación, se realizará una consideración en conjunto.

Existen distintas posibilidades, que pueden asociarse directamente al momento más conveniente para aplicar una intervención. En la publicación desarrollada por Tanco, *et al.* (1994), lo resume, relacionando los puntos de intervención a la variable de *estado de camino*, donde define dos tipos de mantenimientos, *preventivo* o *correctivo*, determinado según se actúe antes o después de cierto nivel de deterioro.

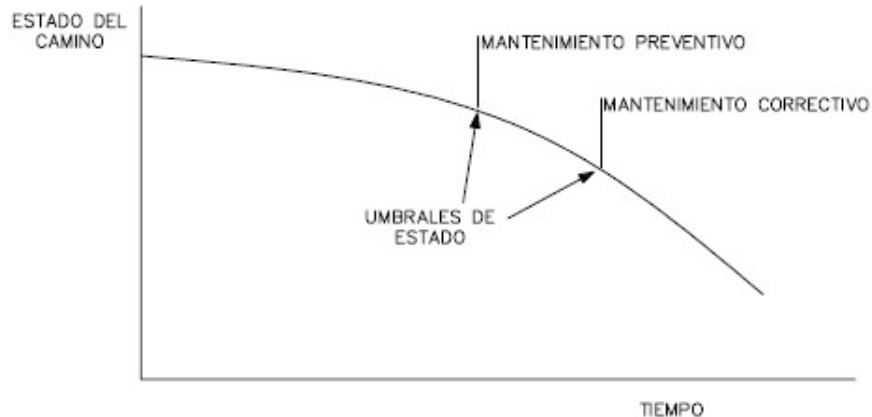


Figura II.3: Curva de mantenimientos. Fuente: adaptada de Tanco, *et al.*, 1994.

El mayor inconveniente en esta etapa será definir el umbral en cual actuar, que puede estar relacionado al nivel de confort, a un indicador estructural, a un indicador de estado, a un lapso de tiempo, entre otros. Cualquiera sea la decisión que se tome, tendrá injerencia directa sobre el estado futuro del camino, la aparición de patologías o la cuantía de inversiones para mantenimiento al momento en que se produzca la rotura.

Para definir el tipo de intervención a realizar, resulta primordial contemplar el grado de deterioro alcanzado. Así, por ejemplo, establecido un cierto nivel de fisuración, será necesario ejecutar un sellado de grietas, o evitarlo con mantenimientos preventivos; o construir un refuerzo de cierto espesor cuando la rugosidad haya alcanzado un valor considerable. En otro caso se deberá determinar si es conveniente hacer reparación de baches superficiales o profundos.

Finalmente, definir dónde realizar la intervención, depende de la posición relativa de un tramo que sea visiblemente más afectado que otro, o que sus patologías generen mayores inconvenientes y gastos operativos a los usuarios.

II.4 FACTORES QUE CAUSAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO.

Los pavimentos se deterioran por diversos factores, pero los dos más importantes son los efectos medioambientales y las cargas de tránsito.

II.4.1 Factores ambientales.

Son responsables de la mayor parte del inicio del agrietamiento superficial. El principal factor que contribuye a este fenómeno es la radiación ultravioleta solar, que causa un endurecimiento lento pero continuo del asfalto. Con el endurecimiento, la capa asfáltica reduce su elasticidad, produciendo agrietamiento cuando la superficie se contrae al disminuir la temperatura. Una vez que la uniformidad de la superficie se pierde (debido al agrietamiento), el pavimento tiende a deteriorarse a una tasa mayor, producto del ingreso del agua a las capas subyacentes.

Este ingreso de agua desde la parte superior del pavimento, en ocasiones se ve potenciado por la presencia de agua estancada en las cunetas laterales del camino, y el elevado nivel freático en épocas de grandes precipitaciones.

II.4.2 Efectos del tránsito.

La carga de tránsito es la responsable de la aparición del ahuellamiento y del agrietamiento de la estructura de pavimento. Todo vehículo que utilice un camino va a producir una pequeña deformación momentánea. Sin embargo, la deformación producida por un vehículo liviano es insignificante, en comparación con las que producen los vehículos pesados.

El paso de grandes volúmenes de vehículos, tiene un efecto acumulativo que, gradualmente, lleva a una deformación permanente y/o agrietamiento de fatiga en el pavimento.

Es importante destacar que los ejes sobrecargados de los camiones pesados producen un efecto extremadamente nocivo en la estructura de pavimento, acelerando el deterioro.

II.5 TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Podemos dividir las patologías en dos grupos:

- Fallas superficiales: En general están relacionadas con imperfecciones o deterioros en la carpeta de rodamiento, debido a fallas en la capa asfáltica y no tienen relación con la estructura inferior del camino.
- Fallas estructurales: Comprende las imperfecciones o deterioros reflejados en la capa asfáltica, cuyo origen se corresponde con fallas en las capas inferiores de la estructura del pavimento. En la corrección de este tipo de fallas, se hace necesario un refuerzo o una reconstrucción estructural del camino para resistir las sollicitaciones del tránsito.

II.6 PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS EN SERVICIO.

Al hablar de patologías en estructuras, sean de caminos o no, se puede hacer un paralelismo con la medicina, dado que previo a cualquier intervención debe basarse un análisis de diferentes estudios y que los deterioros presentan síntomas previos al igual que las afecciones del cuerpo humano.

II.6.1 Información existente.

Los estudios serán todos aquellos relacionados a la recopilación de información existente que sea de interés para el proyecto de mantenimiento o reacondicionamiento, según sea el grado de deterioro. Sobre ellos hablaremos en los capítulos siguientes.

- Topografía.
- Suelo y materiales utilizados.
- Espesores de cada capa del pavimento.
- Hidrología y drenajes.
- Tránsito.
- Tiempo de servicio.

II.6.2 Examen superficial del pavimento.

A través de ellos, se comienza a entrar en detalles referidos al diagnóstico. La inspección visual es particularmente importante para determinar el estado superficial de un camino y su entorno, incluyendo en él lo que respecta a obras complementarias que afectan a la comodidad y seguridad del usuario o a la durabilidad de la estructura. Mediante la inspección, podrá llegarse a conclusiones acerca de:

- Detectar inicio de posibles fallas.
- Establecer zonas prioritarias para mantenimiento y reparación.
- Presentar criterios de juicio que permitan modificar posibles fallas de proyecto.

No por sencilla, la inspección visual puede ser menos eficaz que otros métodos de evaluación. Sobre todo si se realiza por personas con conocimiento y experiencia, o si estas fueran las mismas que desarrollarán el plan de mantenimiento y/o mejoras.

II.6.3 Patologías de pavimentos flexibles.

Los daños y patologías que se presentan en los pavimentos flexibles pueden ser divididos en cuatro grupos:

- Fisuras.
- Deformaciones.
- Pérdida de capas estructurales.
- Daños superficiales.

II.6.3.1 Fisuras.

A. LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES.

Se corresponden con fisuras en el sentido de circulación del tránsito o transversales a él. Exponen presencia de tensiones excesivas que han superado la resistencia del concreto asfáltico.

En general, las causas pueden estar asociadas a una gran rigidez de la carpeta asfáltica, reflexión de grietas en las zonas inferiores de la estructura o defectos en la construcción como riego de liga insuficiente.

De no intervenir a tiempo, este tipo de fisuras puede ser el inicio de problemas mayores como es la "piel de cocodrilo", el descascamiento de la capa de rodamiento o fisuras en bloque.



Figura II.4: Fisuración en pavimento flexible. Fuente: elaboración propia, 2019.

B. EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN.

Es relativamente común encontrarse con este tipo de problemas en los pavimentos asfálticos y esto se debe a la mala ejecución de juntas de trabajo, o en zonas de ampliación por ensanche.

La carencia de riego de liga entre capas de diferentes edades, una probable diferencia de rigidez entre capas o una deficiente compactación son las causas más comunes de esta problemática.

La evolución de estos defectos resulta similar a la de juntas transversales y longitudinales, convirtiéndose generalmente en descascaramientos, piel de cocodrilo y lugares por donde puede filtrar agua superficial hacia la base.

C. DE FORMA PARABÓLICA Y FISURAS DE BORDE.

Las fisuras parabólicas están vinculadas a cierta deficiencia en la base del pavimento, por lo que es común que se presenten acompañadas de hundimiento del pavimento a su alrededor. Los casos son similares para situaciones en que se generan fisuras de borde, aunque estas no siempre se presentan con hundimientos, sino que pueden producir desprendimiento y corrimiento del concreto asfáltico.

La deficiencia de resistencia en la base puede originarse por distintos factores, asociados fundamentalmente a fallas en los bordes del terraplén, taludes insuficientes que producen desmoronamientos, fallas de obras de contención o cobertura vegetal en banquetas, entre otros.

D. EN BLOQUE.

Las fallas originadas en la base pueden presentar también otra de las graves problemáticas que pueden observarse en los pavimentos flexibles, las fisuras en bloque que presentan defectos y grietas en forma relativamente rectangulares.

La principal causa de estas fisuras es la contracción o el asentamiento de materiales presentes en la base, aunque también pueden formarse por las contracciones del concreto producto de las variaciones de temperatura.

E. PIEL DE COCODRILO

Fisuras de patrones irregulares, interconectadas entre sí. Se localizan frecuentemente en zonas con repeticiones de carga, son fisuras que se inician desde la parte inferior de la capa asfáltica.

Su localización en zonas de repetición de cargas evidencia que, en general, se producen por fatiga de la estructura. Dicha fatiga puede originarse por falla de la carpeta asfáltica, espesores de estructura insuficiente o deformaciones de la subrasante. A su vez, si existieran problemas de drenaje que afecten los materiales granulares, compactación deficiente de las capas de base o de las capas asfálticas, también concluirían en esta problemática.

Las fisuras de este tipo, con seguridad, se transformarán en baches si no son intervenidas a tiempo. Permiten el ingreso de agua a las capas de base por infiltración, y esto es lo que profundiza y agrava la problemática.



Figura II.5: Piel de cocodrilo en pavimento flexible. Fuente: elaboración propia, 2019.

F. FISURACIÓN INCIPIENTE.

Son fisuras contiguas y cerradas, cercanas entre sí, que generalmente no se interceptan. En principio solo afectan superficialmente a la capa asfáltica.

Se generan durante la ejecución de la carpeta asfáltica, y puede deberse a dos motivos particularmente relacionados con el entorno al momento de la construcción. Realizar la carpeta asfáltica en momentos de lluvia o una gran diferencia de temperatura entre la mezcla asfáltica y el entorno, se transforma en este tipo de fisuras.

II.6.3.2 Deformaciones.

A. ONDULACIÓN.

Se aprecia en forma de ondulaciones sobre la carpeta asfáltica, generadas en sentido transversal a la circulación del tránsito, generalmente de no más de 1 metro de ancho.

El origen de estas ondulaciones está vinculado a deformaciones plásticas del concreto asfáltico, que puede deberse a alteraciones en la capa base o falta de estabilidad en la mezcla asfáltica. Las cargas ocasionadas por maniobras de frenado, también favorecen a este tipo de imperfecciones, agravadas en muchos casos por el exceso de riego de liga que genera inestabilidad en la parte inferior de la carpeta de rodamiento.

B. HUNDIMIENTO:

Corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua, ya que puede producir “hidroplaneo”.

Asentamientos en las capas base ocasionan esta problemática, y es común encontrarlas en zonas cercanas o de transición en el terraplén a obras de arte, por deficiencia en la compactación.

C. AHUELLAMIENTO:

Las cargas localizadas en el sector por donde circulan las ruedas de los vehículos generan hundimientos, que a su vez se acompañan por el abultamiento de concreto asfáltico hacia el centro del carril generando crestas.

Se produce por la deformación plástica debido a la fatiga de materiales, que es ocasionado por la repetición de cargas. En ocasiones, este proceso es acelerado por falta de estabilidad en la mezcla, o compactación deficiente.



Figura II.6: Ahuellamiento en pavimento flexible. Fuente: elaboración propia, 2019.

II.6.3.3 Pérdidas de las capas estructurales.

A. DESCASCARAMIENTO:

Se produce por el desprendimiento de algún trozo de concreto asfáltico de la capa superficial, sin llegar a afectar las capas inferiores.

También puede deberse a la falta de espesor de la capa superior o bien por falta de adherencia entre la capa superior e inferior, ya sea por deficiencia en el riego de liga o falta de limpieza en la preparación del sector de trabajo.

B. BACHES:

La desintegración total de la carpeta asfáltica deja expuestos los materiales granulares, esto aumenta el área afectada y la profundidad, debido a la acción del tránsito.

Los baches indefectiblemente tienen su origen en otras problemáticas, generalmente se asocian a la infiltración de agua superficial que se retiene en sectores con presencia de fisuras.

No obstante, dentro de este tipo de deterioro, se encuentran también baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.



Figura II.7: Bache en pavimento flexible. Fuente: elaboración propia, 2019.

C. *PARCHE:*

En ocasiones, se observan parches en el pavimento que, en origen, no se consideran una patología, ya que se realizan por reparaciones estructurales o instalación de alguna red de servicios; no obstante, pueden enmarcarse dentro de defectos o imperfecciones, ya que ocasionan incomodidades a los usuarios.

Por lo general, resultarán zonas debilitadas, en las que puede propagarse y profundizarse el daño inicial debido a las juntas que se ocasionan y a las diferentes edades de los materiales.



Figura II.8: Parche por reparación de bache en pavimento. Fuente: elaboración propia, 2019.

II.6.3.4 Daños superficiales.

A. DESGASTE SUPERFICIAL:

Deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida del ligante y del mortero. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito.

Este tipo de afecciones pueden ser aceleradas por deficiente dosificación de asfalto en la mezcla del concreto o a exceso de agentes abrasivos en el medio ambiente.

El problema inicia como un aumento considerable de la rugosidad de la carpeta de rodamiento, concluyendo en la pérdida de los agregados.

B. PERDIDA DE AGREGADOS:

Comienza como el desgaste de la carpeta por la falta de asfalto en la mezcla y, posteriormente, los agregados pétreos comienzan a desprenderse por la falta del material cohesivo.



Figura II.9: Pérdida de la totalidad de la capa asfáltica. Fuente: elaboración propia, 2019.

C. PULIMIENTO DEL AGREGADO:

Este daño se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

D. EXUDACIÓN:

Se presenta con una película o afloramiento del ligante sobre la superficie del pavimento. Generalmente, es brillante, resbaladiza y, usualmente, pegajosa.

La principal causa de esta afección es el exceso de ligante asfáltico en el riego, o exceso de asfalto en la elaboración de la mezcla. También, puede ser generado por una mala elección del asfalto, por ejemplo, utilizar asfaltos blandos en zonas de altas temperaturas.

II.7 MANTENIMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DE PAVIMENTOS.

Generalmente, las acciones de mantenimiento de pavimentos se focalizan en mantener el agua lo más alejada posible de la estructura. De ello, se deduce que lo más importante es conservar las condiciones de impermeabilidad y asegurar que las medidas de drenaje sean adecuadas, para evitar infiltraciones laterales por estancamientos en el borde del camino. Es indispensable que, las fisuras, sean selladas en cuanto aparecen y que, las cunetas y bordes del camino, se encuentren en buen estado, para garantizar el escurrimiento de agua proveniente de precipitaciones.

De este modo, se realizan medidas que tienen por objetivo fundamental mantener la durabilidad superficial del pavimento. Las deformaciones, grietas por la acción del tránsito y depresiones generadas por baches, deben ser resueltas por algún método de rehabilitación o mantenimiento correctivo de la estructura.

En este punto puede mencionarse lo expresado en por Wirtgen GmbH. (2004, p.24), donde destaca la utilización de un “plan de mantenimiento de pavimentos” que resulta la manera ideal “...para controlar de forma continua la calidad de rodado de los pavimentos que componen la red vial. De ese modo se pone énfasis en los sectores que presentan la peor calidad y requieren de un mantenimiento.”

En la figura II.10, extraída del manual antes mencionado, se ejemplifica la efectividad de un mantenimiento oportuno del pavimento. Donde se muestra primeramente una intervención dentro del umbral de *mantenimiento preventivo*, que permite elevar rápidamente el nivel de confort y prolongar la vida útil del camino. Posteriormente, al continuar el avance del deterioro, debe recurrirse a un *mantenimiento correctivo* dado el alto grado de avance del mismo.

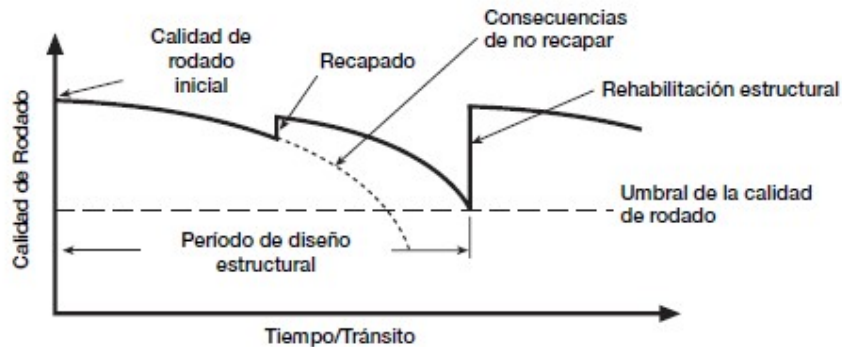


Figura II.10: Plan de mantenimiento de un pavimento. Fuente: Wirtgen GmbH, 2004.

Wirtgen GmbH. (2004) habla de “*calidad de rodado*” como referencia al confort que presenta el camino al transitarlo, de acuerdo a parámetros como lisura, presencia de depresiones, posibilidad de infiltración de agua, ahuellamientos, entre otros.

Al observar la imagen queda en evidencia la importancia de tomar las acciones en el momento adecuado para mantener la calidad de rodado en el mayor nivel posible. Cuanto menor sea este nivel, la tasa de deterioro incrementará de manera relativamente exponencial. Es por ello que, cuanto mayor sea el avance del deterioro, las acciones a realizar para mejorar el pavimento demandarán esfuerzos superiores, aumentando también el costo de las mismas.

Al momento de decidir qué tratamiento utilizar para la recuperación de un pavimento deteriorado, generalmente, se limita a los recursos económicos disponibles.

Las medidas a corto plazo presentan relaciones costo-beneficios atractivas, postergando los tratamientos estructurales hasta que se presente un proyecto de modificación geométrica de las vías o deterioros que dejan la calidad de rodado considerablemente por debajo del “*umbral de calidad de rodado*”, como es el caso del INTA que motiva el presente trabajo.

II.7.1 OPCIONES DE REHABILITACIÓN.

Existen muchas técnicas para el mejoramiento o la rehabilitación de un camino deteriorado; pero no siempre resulta sencillo determinar cuál o cuáles son las más convenientes de aplicar. En consecuencia, el Wirtgen GmbH. (2004) destaca que, esta decisión será más fácil de tomar si se plantean las preguntas adecuadas al inicio del diseño del plan de mantenimiento o recuperación.

- ¿Cuál es el problema del pavimento existente? Puede ser determinado por una rápida inspección visual más algunos ensayos básicos.
Normalmente, serán suficientes para entender los mecanismos de deterioro y concluir en la que quizás sea la variable más importante, determinar si el deterioro se produce sólo en la superficie del pavimento o si el problema es estructural.
- ¿Qué requiere realmente la institución? ¿Se espera una vida útil de diseño de años o sólo existe un capital reducido previsto para detener la tasa de deterioro actual, y mantener el pavimento en similares condiciones durante los próximos años?

Plantear posibles respuestas a estos interrogantes dará paso a la resolución del presente proyecto, y de muchos otros similares, logrando una aceptable relación costo-beneficio. Por su parte, separar el deterioro y su reconstrucción en dos categorías, superficial o estructural; y la duración de la obra en corto o largo plazo, facilitarán la selección de la técnica adecuada.

Al mencionar la relación costo-beneficio no se puede obviar la influencia significativa de los recursos económicos con los que puede contarse al momento de la ejecución de la obra.

En estos últimos puntos hará enfoque el desarrollo del presente proyecto, determinar el impacto real del deterioro de los caminos y encontrar conjuntamente con INTA Rafaela, la opción técnico-económica más adecuada para la institución.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA ZONA A INTERVENIR

III.1. INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo describe el funcionamiento y la metodología constructiva de la Estación Experimental Agropecuaria.

A través de un proceso de recopilación de información, entrevistas con personal de INTA e inspecciones preliminares, se pretende obtener conclusiones que determinen la gravedad del estado de deterioro estructural de los caminos, así como sus causales.

III.2. UBICACIÓN.

La E.E.A. se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Rafaela, sobre la vera Oeste del Km 227 de la Ruta Nacional 34.

Esta ubicación geográfica, le permite atender necesidades a 7 grupos de trabajo que desempeñan tareas en la región. Estos se encuentran en Ceres, Gálvez, Esperanza, Carlos Pellegrini, San Justo, San Cristóbal y Santa Fe.

Acorde a la geografía del lugar, el terreno es mayoritariamente llano, con pendientes naturales escasas, que en ocasiones son insuficientes para el escurrimiento del agua durante la ocurrencia de precipitaciones.

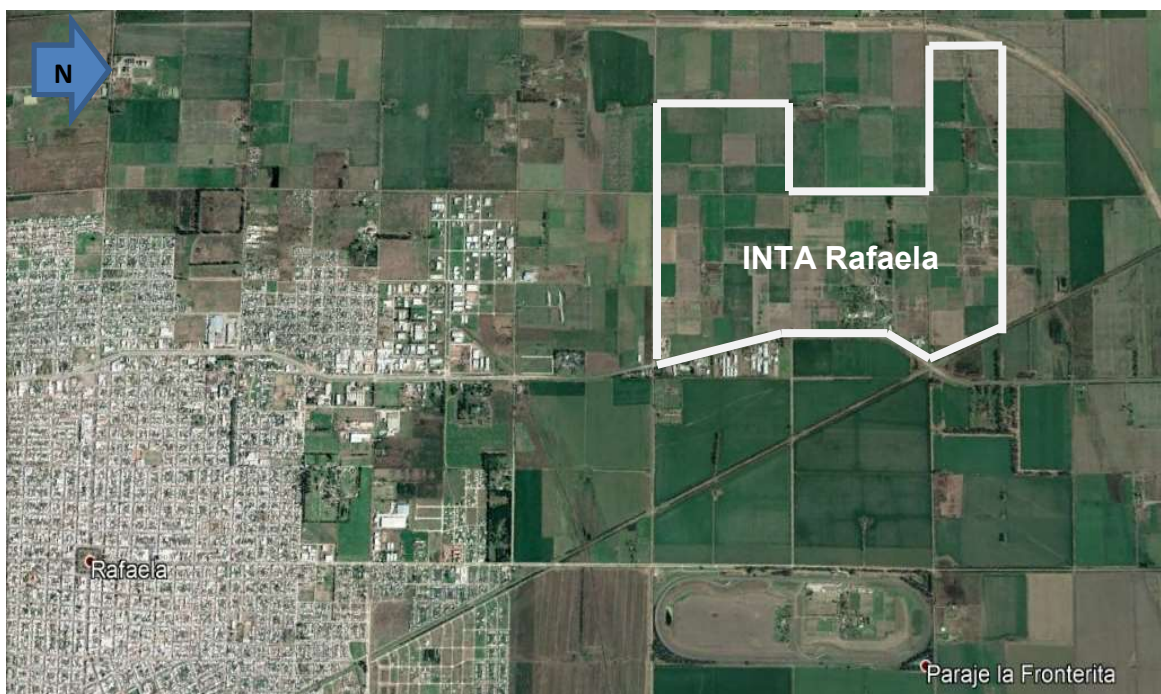


Figura III.1: Ubicación de la E.E.A. – I.N.T.A. Rafaela. Fuente: elaboración propia, 2019.

III.3. DESCRIPCIÓN DEL PREDIO.

Actualmente, la Estación, es núcleo de un gran número de actividades productivas, de investigación, educativas e incluso de hábitat de personas que prestan sus servicios a la institución.

La distribución del predio se caracteriza por tener una circulación principal Norte - Sur, de aproximadamente 2000 metros; y otra Este - Oeste, de aproximadamente 550 metros. Complementariamente, existen caminos de menor envergadura que vinculan las diferentes áreas que conforman el Casco Principal de la Estación Experimental Rafaela.

Por sus caminos circulan gran variedad de vehículos, que van desde vehículos livianos a colectivos que trasladan al personal a sus puestos de trabajo, como así también maquinarias y vehículos de carga con animales o granos.

En el lugar trabajan aproximadamente 150 personas y en ocasiones se realizan eventos y jornadas de capacitación que convocan un gran número de visitantes.

Entre las actividades que se realizan se destacan:

- Evaluación y gestión de recursos naturales.
- Manejo de cultivos.
- Gestión de los sistemas de producción de leche y carne.
- Salud animal.
- Producciones intensivas.
- Agroindustria y agregado de valor.
- Extensión rural y comunicación.

Los servicios integran:

- Laboratorio de microbiología.
- Laboratorio de parasitología, inmunología y zoonosis.
- Laboratorio de calidad de leche y agroindustria.
- Laboratorio de suelos y agua.
- Laboratorio de forrajes.
- Laboratorio de miel.
- Producción de venta de plantines de verduras de hoja.

III.3.1 Sectores del predio.

El predio de la E.E.A. de Rafaela está compuesto por instalaciones definidas para distintos fines. Cada área de investigación reside en oficinas de trabajo; área de agronomía, sanidad animal, producción animal, administración y gestión de las oficinas de extensión rural con asistencia directa a los productores. Cuenta también con laboratorios internos en las oficinas y laboratorios externos exclusivos para determinado fin como son los laboratorios de forrajes y suelo, laboratorio de calidad de leche y laboratorio de producción de vacunas. Todo ello ubicado en los que se denomina casco principal de la Estación, ubicado en el sector centro del campo con ingreso principal al predio desde la Ruta Nacional N°34.

Además en dicho sector, se encuentran galpones y oficinas donde el personal de INTA realiza sus actividades diarias, y las casas habitacionales para el personal residente en el lugar.

La E.E.A. cuenta con tambos demostrativos ubicados en lo que se denomina Sector AIPA en el extremo norte del campo, y un tambo biotipo al sur. Ambos sectores cuentan con su disposición de lotes para pastajes de los animales. Estas dependencias resultan ser las de mayor importancia para el acceso diario del personal y los camiones para el retiro de la producción.

En las zonas intermedias a estos últimos se encuentran los lotes destinados principalmente a la investigación y producción agrícola.

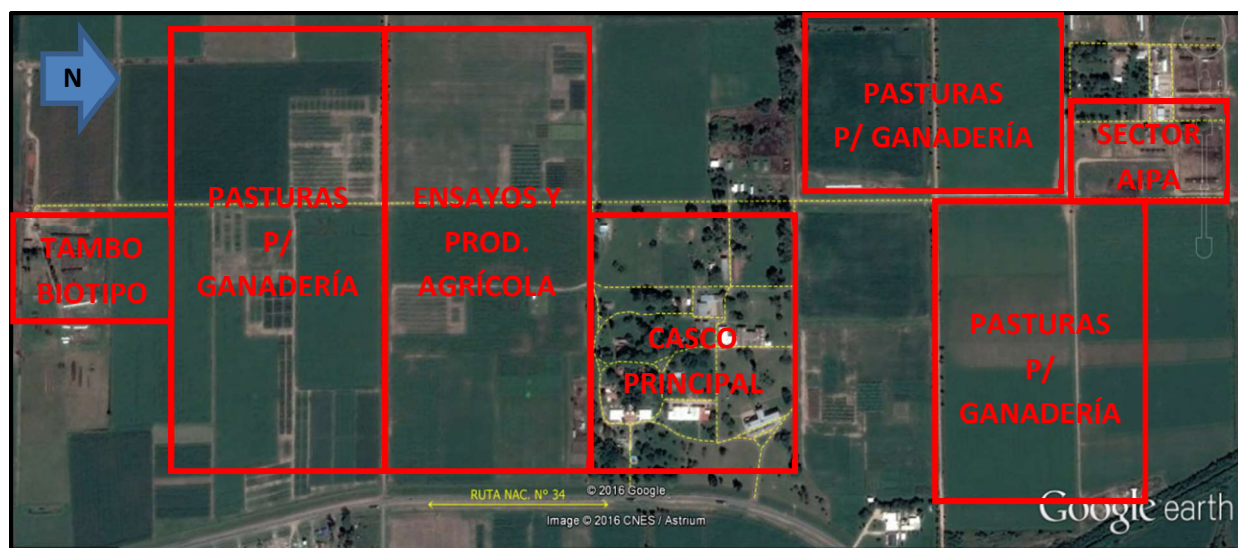


Figura III.2: Distribución general E.E.A. – I.N.T.A. Rafaela. Fuente: INTA, 2019.

III.3.2 Caminos internos.

La figura III.3 muestra el esquema de caminos internos de la E.E.A., su disposición refleja lo expresado anteriormente respecto a la morfología funcional.

Los caminos se construyeron de 6 metros de ancho de calzada en aquellos casos que resultan fundamentales para la producción de la Estación y en general son los de mayor longitud. Se presentan también caminos de 4 metros de ancho. La totalidad del recorrido conforman una longitud de aproximadamente 6.800 metros. En casi la totalidad del predio el pavimento es asfáltico. Se presenta un sector puntal de pavimento articulado de hormigón en frente de uno de los galpones.



Figura III.3: Esquema de caminos internos de la E.E.A. – I.N.T.A. Rafaela. Fuente: INTA, 2019.

III.3.3 Nomenclatura de los caminos.

A los fines de la resolución de este proyecto se enumerarán los caminos del predio para facilitar su identificación. El criterio que se adoptó para ello, fue nombrar primeramente los caminos que se desarrollan en sentido norte a sur, asignando un número creciente en sentido oeste a este. Posteriormente, los caminos en sentido este a oeste fueron enumerados siguiendo un orden creciente de Sur a Norte.

Finalmente, correspondieron los números consecutivos del 13 al 16 para los emplazados en el sector AIPA.

Estas nomenclaturas pueden apreciarse correctamente en el plano de planta general, plano L1.

III.4. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA.

No se ha encontrado documentación concreta sobre la construcción de los caminos pavimentados, aunque se conoce que se llevaron a cabo entre los años 1978 y 1979, de ello se cuenta solo con una fotografía.

Esta situación implicó intensificar, durante la etapa de estudio y relevamiento, la realización de ensayos de laboratorio que brinden información al respecto. Sobre ello, se hablará en el capítulo siguiente.



Figura III.4: Pavimentación de caminos internos. Fuente: INTA, 2018.

III.5. PLANTEO DE LA PROBLEMÁTICA.

En los últimos años se han presentado copiosas precipitaciones en distintas oportunidades que exponen la insuficiencia de la infraestructura existente.

Esta insuficiencia provocó anegamientos prolongados que aceleraron considerablemente el deterioro de los caminos acortando así su tiempo en servicio. Ante estas situaciones, el personal encargado del mantenimiento del predio, se veía obligado a realizar trabajos de emergencia como zanjeos, retiro de alcantarillas o rectificación de cunetas en presencia de agua.

Debido al crecimiento exponencial de los últimos años, la E.E.A. no puede interrumpir su funcionamiento productivo diario, aún ante las peores condiciones climáticas. Es por ello que, los caminos, deben permanecer transitables sobre todo para vehículos pesados.

En este punto se plantean los interrogantes fundamentales que llevan a la realización del proyecto:

¿Por qué se generan estos anegamientos?

¿Es irreversible el deterioro de los caminos?

¿Cuál es la solución técnico/económica más adecuada?



Figura III.5: Anegamientos producidos por precipitaciones. Fuente: INTA Rafaela, 2016.



Figura III.6: Agua estancada en cunetas. Fuente: INTA Rafaela, 2016.



Figura III.7: Trabajos de emergencia. Fuente: INTA Rafaela, 2016.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE RELEVAMIENTO E INSPECCIÓN

IV.1. INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo desarrolla de manera detallada la metodología de inspección y relevamiento utilizados para la posterior ejecución del proyecto.

En primera instancia debe destacarse que el correcto diseño de la obra se basa en tener un relevamiento topográfico preciso, del que puedan obtenerse conclusiones difíciles de observar a simple vista, a la vez que será el que permita generar el modelo computacional del predio en estudio, que resulta el elemento principal de desarrollo de este proyecto.

Este tipo de relevamiento topográfico presenta una ventaja fundamental ya que permite realizar de manera simultánea una inspección visual, o lo que muchos autores reconocen como inspección preliminar, de la que pueden obtenerse importantes conjeturas que permitirán determinar algunas situaciones específicas donde hacer foco y/o desarrollar teorías que podrán confirmarse más adelante.

Por último, la recopilación de datos respecto de la metodología constructiva utilizada, así como también los datos meteorológicos de la región, la situación actual de los elementos estructurales de las calzadas resultarán de vital importancia para una correcta toma de decisiones sobre la reparación, conservación o demolición y reconstrucción de las mismas.

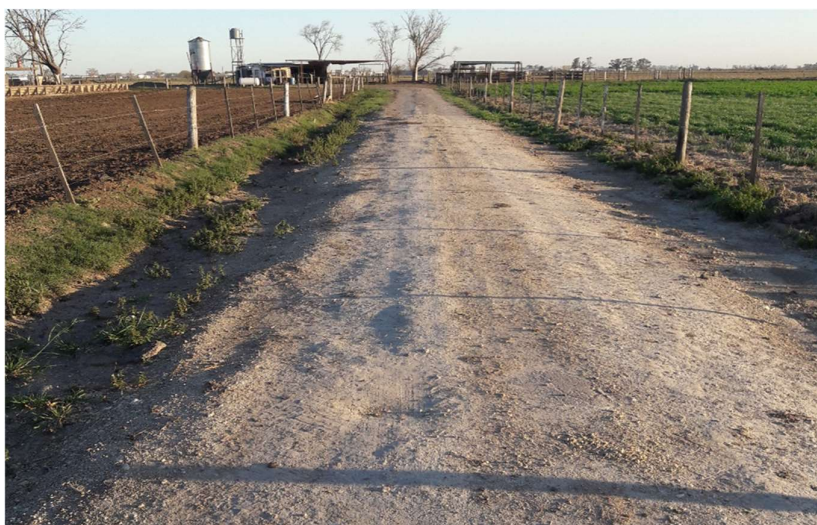


Figura IV.1: Estado actual de los caminos en la EEA. Fuente: elaboración propia, 2018.

IV.2. INSPECCIONES.

IV.2.1 Inspección visual.

La inspección visual es de gran importancia al inicio de todo proyecto de reparación, readecuación o reconstrucción. De ella pueden derivarse importantes decisiones a la hora de desarrollar el proyecto, comprobar la existencia, o no, de algunas de las patologías descriptas en el capítulo II o lograr determinar cuáles fueron las causas del entorno o de utilización que llevaron la obra a la situación actual.

En primer lugar, debe hacerse mención de la caracterización de las patologías presentes en el pavimento que motivaron a la institución a solicitar un proyecto que pueda enmendar estos problemas.

Se pudo determinar la presencia de baches de grandes dimensiones fundamentalmente en los caminos transitados por vehículos pesados. Grandes sectores deteriorados por lo que se conoce como piel de cocodrilo e incluso lugares donde se evidencia la erosión, casi en su totalidad, de la carpeta asfáltica.



Figura IV.2: Patología piel de cocodrilo. Fuente: elaboración propia, 2018.

Por otro lado, es evidente la deficiencia en las secciones de desagües tanto de las alcantarillas como de las cunetas laterales a los caminos que son las encargadas de evacuar las aguas de precipitaciones del predio.

Entrevistas con personal del INTA permitieron determinar, a grandes rasgos, los cursos que toma el agua debido a las pendientes naturales del terreno durante su evacuación, y así hacer foco en desagües principales que se encuentran obstruidos por falta de mantenimiento o bien cunetas inexistentes en determinados sectores.

Todas estas observaciones determinan los puntos clave a tener en cuenta para el desarrollo de lo que sigue en este capítulo y el plan de acción para el proyecto en general.



Figura IV.3: Bache en calzada. Fuente: elaboración propia, 2018.



Figura IV.4: Alcantarilla obstruida. Fuente: elaboración propia, 2018.



Figura IV.5: Alcantarilla con sección reducida por vegetación. Fuente: elaboración propia, 2018

IV.2.2 Ensayos in-situ y de laboratorio.

La inspección detallada es necesaria para todo proyecto de rehabilitación, y toma aún más relevancia para el caso presente, dada la imposibilidad de contar con documentación certera sobre la metodología constructiva y/o los materiales utilizados.

Ante la escasa información que describa en algún punto como fueron construidos los caminos internos del campo y viendo el gran avance de rotura que se presentan en muchos casos, resultan determinantes las conclusiones que puedan obtenerse de los ensayos sobre los materiales del lugar.

Decidir los ensayos a realizar y la ubicación de la que se deben extraer las muestras es fundamental para obtener conclusiones válidas.

En líneas generales se observa que en todo el recorrido de caminos resultan secciones homogéneas. Ello a su vez se reafirma con una de las pocas certezas que se cuenta sobre su construcción, que todo el predio fue ejecutado en una misma etapa. Ante esto se debe determinar cuáles son los valores soporte y las calidades de los suelos y materiales utilizados en este pavimento.

Es menester desarrollar los motivos que llevaron a la selección de los ensayos realizados y la exposición de sus resultados que se presentan en Anexo 3 de este Proyecto. No es del alcance del presente proyecto describir cada uno de los ensayos realizados, para comprender los procedimientos y desarrollo de los mismos debe recurrirse a la Norma de Ensayos de la Dirección Nacional de Vialidad.

IV.2.2.2 Extracción de testigos.

El calado de testigos es un método sencillo y efectivo para conocer los espesores de materiales ligados o estabilizados. A su vez, estos testigos pueden ser utilizados para ensayos de estabilidad o de composición volumétrica en el caso de los pavimentos flexibles.

Los testigos obtenidos en la E.E.A. demuestran un espesor de 5 cm aproximadamente y un magro contenido de cemento asfáltico en su composición; ello sumado al efecto de los agentes atmosféricos a lo largo del tiempo llevó a testigos de los que resultaba imposible sacar conclusiones certeras, como contenido de asfalto o granulometrías.

IV.2.2.3 Ensayo DCP.

El ensayo dinámico de cono, o DCP, es de gran utilidad para estos casos en los que lo más importante es determinar la calidad de las capas inferiores del paquete estructural. Con el podremos determinar los espesores de capas con características uniformes, al tiempo que permiten correlacionarse con los valores que se obtendrían de un ensayo de Valor Soporte Relativo (V.S.R o C.B.R.).

IV.2.2.4 Resultados de ensayos realizados.

Según lo descrito anteriormente, con la colaboración del Laboratorio de Ingeniería Civil de la U.T.N – F.R.Ra. se realizaron los ensayos que se detallan y exponen sus resultados más adelante.

Se determinó la ubicación de los lugares a examinar siguiendo los criterios del estado de calzada, priorizando realizar los ensayos en lugares con pavimento en buen estado. Tratando de reflejar en los mismos las características de los materiales en su construcción, como también sus espesores.

Otro factor pensado para la extracción de muestras es el uso de los caminos, diferenciando los que poseen tránsito pesado regularmente de los que solo tienen uso de vehículos livianos.

Por último, se consideró importante la distancia entre algunas de las muestras, esto podría determinar que las secciones transversales son regulares en todo el campo. Es decir, confirmar la información respecto de la homogénea construcción de todos los caminos.

De ello surgen las ubicaciones que se muestran a continuación:



Figura IV.6: Ubicación de calado de testigos y ensayos DCP. Fuente: Lab. de Ing. Civil UTN FRRa, 2018.

Los ensayos realizados en ese lugar constaron de dos etapas, el calado de testigos para conocer las características del pavimento flexible dispuesto en el lugar. Y posteriormente un ensayo DCP para determinar las cualidades de las capas inferiores del paquete estructural.

Los espesores de los testigos fueron medidos según el punto 9.4.3.2 de la Norma de Ensayo de Vialidad Nacional VN - E9 – 86. La conclusión más determinante que resulta de estos ensayos es que se presenta una capa de concreto asfáltico, que como espesor máximo tendrá 5 cm.

El ensayo DCP se realizó inmediatamente debajo del pavimento de concreto asfáltico, luego de eliminar el material suelto, en el orificio generados por la extracción previa de cada testigo.

N°	Fecha de extracción	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Altura 4 (cm)	Altura Promedio (cm)
1	12/04/18	5,53	4,41	5,88	4,46	5,07
2	12/04/18	4,52	4,94	5,01	4,60	4,76
3	12/04/18	4,76	5,12	5,08	4,83	4,95

Tabla IV.1: Resultados de mediciones en testigos calados. Fuente: Lab. Ing. Civil UTN FRRa, 2018

Las lecturas toman como 0 el nivel superior de la base de la platina.

Complementariamente se grafica la curva DCP con la determinación del índice de penetración (DN) en mm/golpe, surgidas como resultado del ensayo de penetración.

Ensayo 1: Nivel 0: a 50 mm de profundidad.

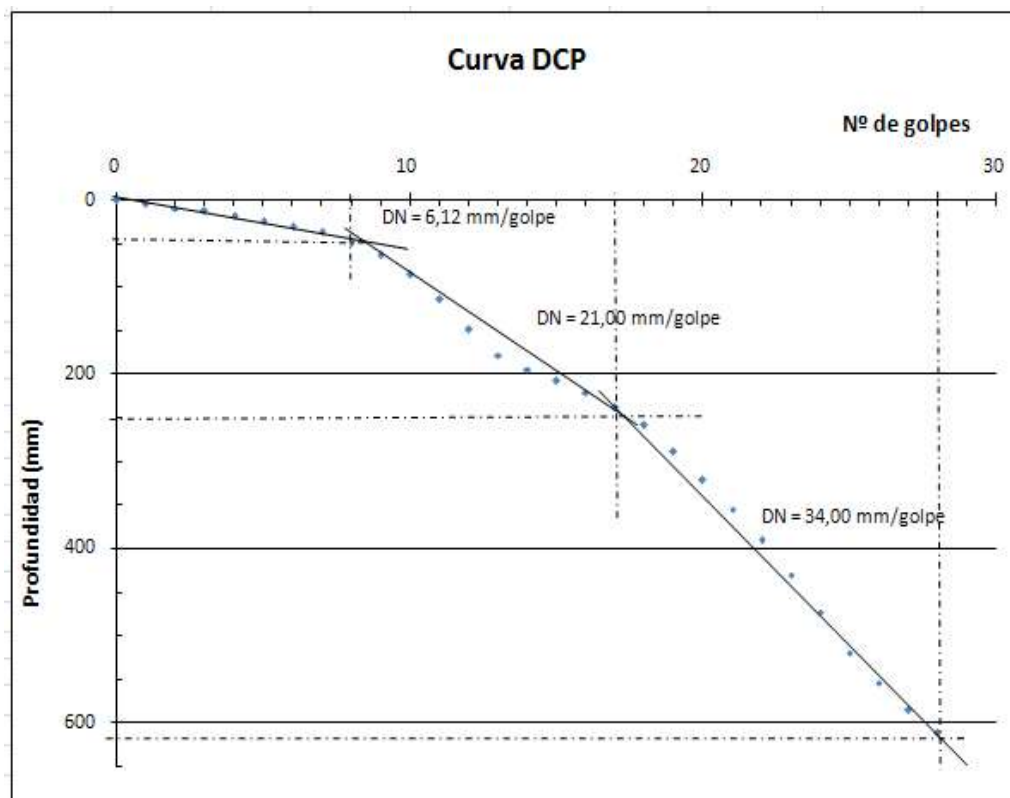


Figura IV.7: Gráfico ensayo DCP N° 1. Fuente: Lab. Ing. Civil – UTN FRRa, 2018.

Ensayo 2: Nivel 0: a 32 mm de profundidad.

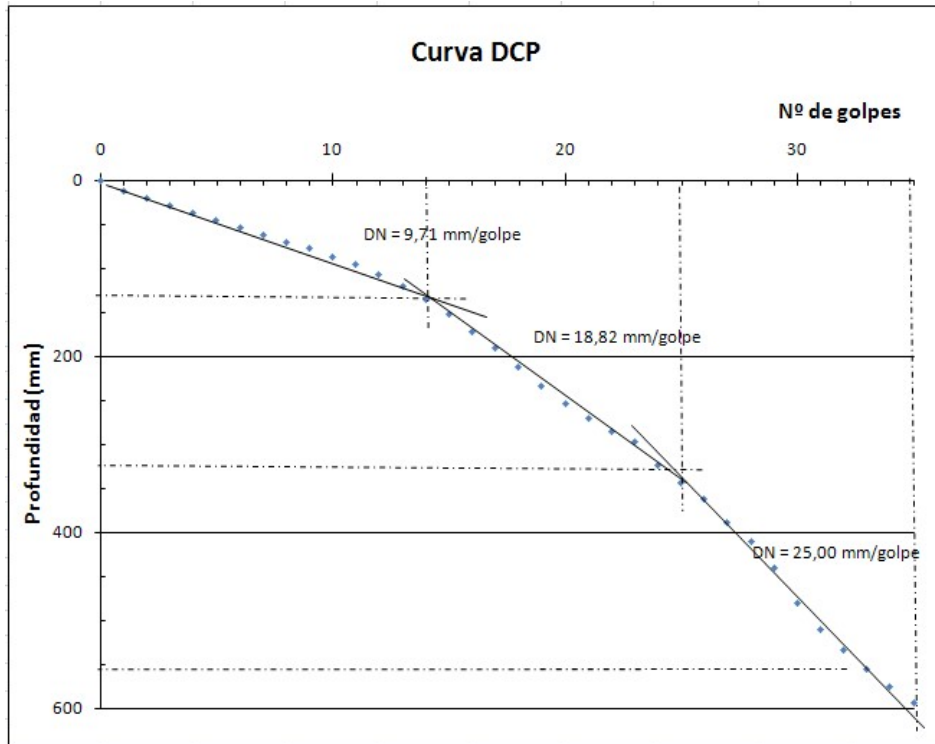


Figura IV.8: Gráfico ensayo DCP N°2. Fuente: Lab. Ing. Civil – UTN FRRa, 2018.

Ensayo 3: Nivel 0: a 35 mm de profundidad.

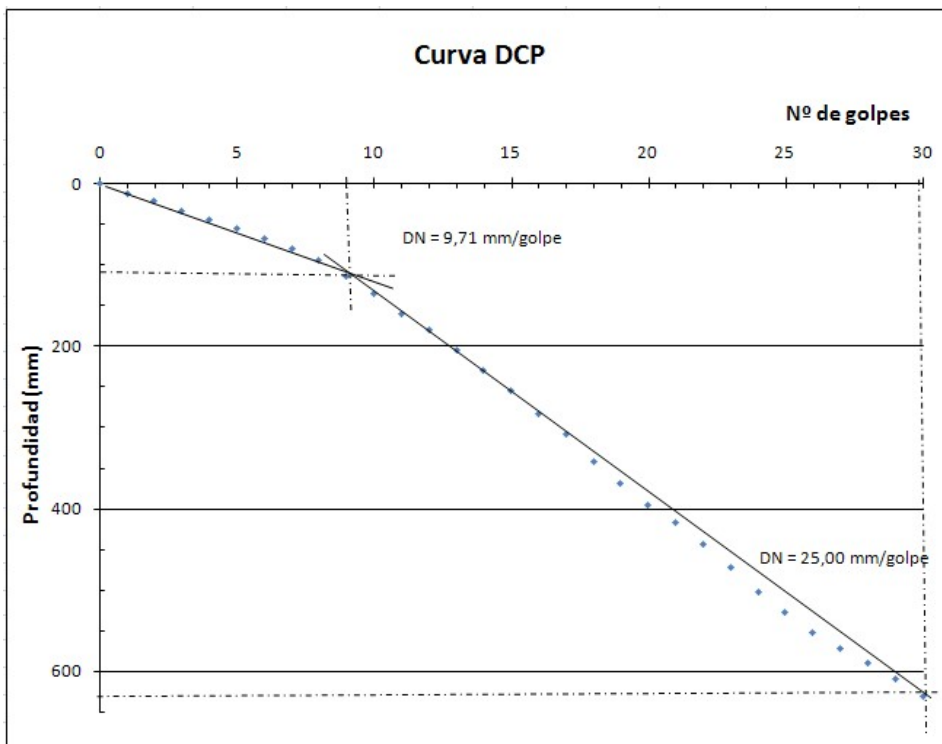


Figura IV.9: Gráfico ensayo DCP N°3. Fuente: Lab. Ing. Civil – UTN FRRa, 2018.

Complementariamente se calculan los valores soporte relativos (CBR), según el Cuadro N° 2 de la Norma ASTM D 6951-3.

Índice DCP mm/golpe	CBR %	Índice DCP mm/golpe	CBR %	Índice DCP mm/golpe	CBR %
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2.0
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4.0	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1.0
20-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3.0	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

Tabla IV.2: Correlación entre valores de ensayo DCP y CBR. Fuente: Norma ASTM D 6951-03, 2003.

Determinando los siguientes resultados:

Profundidad [mm]	Nº Golpes Acumulados [N]	DN [mm/golpe]	CBR-ASTM D 6951-03
0	0	-	-
49	8	6,12	38 %
238	17	21,00	10 %
612	28	34,00	5 %

Tabla IV.3: Correlación ensayo DCP valor CBR ensayo 1. Fuente: Lab. Ing. Civil UTN FRRa, 2018.

Profundidad [mm]	Nº Golpes Acumulados [N]	DN [mm/golpe]	CBR-ASTM D 6951-03
0	0	-	-
136	14	9,71	23 %
343	25	18,82	11 %
593	35	25,00	8 %

Tabla IV.4: Correlación ensayo DCP valor CBR ensayo 2. Fuente: Lab. Ing. Civil UTN FRRa, 2018.

Profundidad [mm]	Nº Golpes Acumulados [N]	DN [mm/golpe]	CBR-ASTM D 6951-03
0	0	-	-
114	9	12,67	17 %
631	30	24,62	8 %

Tabla IV.5: Correlación ensayo DCP valor CBR ensayo 3. Fuente: Lab. Ing. Civil UTN FRRa, 2018.

IV.2.3.5 Otros ensayos.

Con la finalidad de establecer la calidad del suelo existente en la capa de base del pavimento, se realizó una clasificación de suelos según el ensayo VN-E4-84 “CLASIFICACIÓN DE SUELOS” (ver anexo 3).

Existen una gran cantidad de ensayos que pueden complementarse a los anteriores para una investigación más específica, pero que no resultan convenientes por el alto grado de deterioro. Por ejemplo, la medida de deflexión resulta adecuada para pavimentos con gran espesor de las capas asfálticas donde las deformaciones sin agrietamientos son importantes. Vistos los espesores de los testigos calados, queda en evidencia que este no es el caso.

IV.3 RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Este levantamiento de datos comprende los ya mencionados 6,8 kilómetros de caminos internos y 450 hectáreas de superficie aproximadamente.

Se procuró realizar el mismo de manera efectiva para generar un modelo computacional que replique el terreno existente georreferenciado con el mayor detalle posible. En este sentido, se concentraron la mayor densidad de puntos sobre los sectores con más desniveles, dando prioridad a los propios caminos y sus cunetas, tomando mediciones más espaciadas en los sectores llanos de los lotes o potreros de la estación.

El levantamiento fue realizado mediante mediciones GNSS, utilizando un equipo *Trimble R8s*. Gracias a ello se logró georreferenciar en el sistema de coordenadas POSGAR07 la nube de puntos relevada. La identificación de los puntos se determinó en coordenadas planas y su elevación correspondiente. A partir de ellos se logrará generar un modelo digital del que se obtenga un plano de curvas de nivel y elevaciones, este será el elemento fundamental del presente proyecto.



Figura IV.10: Realización de relevamiento topográfico. Fuente: elaboración propia, 2018.

IV.3.1 Vinculación al Marco de Referencia Geodésico POSGAR 07.

Según lo establecido por el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.) en el año 2.009, POSGAR07 es el marco de referencia geodésico vigente en Argentina.

Los puntos fijos dispuestos para la construcción de la Variante de la Autopista fueron georreferenciados mediante una transformación Gauss-Krueger Faja 4, en el marco de referencia POSGAR07, a partir del punto geodésico dispuesto por el I.G.N. en la ciudad de Sunchales denominado SUNC.

ID	Latitud			Longitud			Altura Elipsoidal
SUNC	-30°	58'	41.1159''	-61°	37'	33.7182''	113.634

Tabla IV.6: Coordenadas POSGAR07 Faja 4 del punto SUNC. Fuente: I.G.N.

Para el caso que se presenta la tarea resultó más directa, ya que se partió de estos puntos fijos materializados en la obra de Autopista con las ya conocidas coordenadas planas y elevaciones referidas al nivel medio del mar. Es decir, previo al comienzo del relevamiento se especificó al equipo Trimble que las coordenadas debían determinarse dentro del marco de referencia mencionado anteriormente.

Prog. de obra	Cord. norte	Coord. este	Elevación
37000	6546699,811	4640808,849	95,709
37100	6546853,803	4640619,624	95,591
37300	6546955,987	4640710,18	95,755
37450	6547187,732	4640730,58	95,66
37700	6547393,034	4640804,982	95,744
37900	6547599,069	4640849,574	95,618
38150	6547865,189	4640906,875	95,535
38350	6548052,435	4640947,045	95,72
38650	6548349,108	4641012,16	95,565
38900	6548588,262	4641064,274	95,422

Tabla IV.7: Coordenadas de puntos fijos en Obra de Autopista sobre Ruta Nacional N°34. Fuente: Empresa contratista, 2018.

IV.3.2 Sistema *Trimble R8s*.

El sistema integrado *Trimble R8* consta de 3 elementos fundamentales, un receptor fijo, un receptor móvil y una controladora. Esto brindó la posibilidad de tomar la lectura de los puntos en tiempo real mediante el sistema RTK.

El receptor fijo es estacionado con trípode sobre el punto fijo conocido, sirve como referencia para la localización del resto de los puntos.

El receptor móvil, montado en un bastón de longitud conocida permite posicionar el mismo sobre cada uno de los puntos a relevar. Para el caso de este equipo en particular se tenía la posibilidad de configurar el relevamiento por sistema RTK consiguiendo celeridad en la toma de datos y a la vez precisión centimétrica.

La controladora resulta el medio de interacción del usuario con los receptores GNSS. En ella puede obtenerse vistas preliminares de los trabajos y configurar distintos formatos de archivos para facilitar el “posproceso”. Otro aspecto fundamental es la posibilidad de identificar diferentes códigos a cada punto según su ubicación o el elemento al que hacen referencia, estos detalles generan grandes ahorros de tiempo en los trabajos de gabinete.



Figura IV.11: Estacionamiento de sistema GPS.
Fuente: elaboración propia, 2018.



Figura IV.12: Controladora de GPS.
Fuente elaboración propia, 2018.

IV.4 PROCESAMIENTO DE DATOS.

IV.4.1 Formato de archivo de puntos.

El sistema mencionado precedentemente configura un archivo que debe ser transformado para obtener un formato común que pueda ser interpretado por cualquier software. Para ello se utilizó el software *Trimble Business Center*, transformando de este modo a un listado de puntos en un archivo del tipo .csv (delimitado por comas).

Allí cada punto es identificado por 5 variables:

- Punto: número de orden en el que se tomó el punto.
- Norte: Coordenada norte referenciada en el sistema POSGAR07 Faja 4.
- Este: Coordenada este referenciada en el sistema POSGAR07 Faja 4.
- Elevación: Elevación del punto sobre el nivel medio del mar.
- Descripción: Código de identificación impuesto al momento de realizar el relevamiento.

IV.4.2 Importación de puntos – generación del M.D.E.

En esta etapa se ha llegado a la parte fundamental de la elaboración del proyecto, obtener un modelo digital de elevaciones (M.D.E.) de gran precisión. Para la generación del mismo se ha utilizado el software desarrollado por la empresa Autodesk, Autocad Civil 3D versión 2017. Su mención es importante no solo por el desarrollo del modelo, sino porque gracias a este se han establecido las conclusiones de escurrimiento pluvial existentes y se han realizado los posteriores diseños de soluciones.

La nube de puntos, que resulta ser el generador del M.D.E, se importa desde el archivo “.csv” descrito anteriormente. El software posiciona los puntos según sus coordenadas y elevaciones; a modo de supervisión podemos visualizarnos sobre una imagen satelital y corroborar que las coordenadas han sido enmarcadas correctamente.



Figura IV.13: Nube de puntos de relevamiento sobre imagen satelital del predio.
Fuente: elaboración propia, 2019.

La superficie del terreno natural reflejada tridimensionalmente es generada a través de triangulaciones entre los puntos del relevamiento. Que en primera instancia la genera automáticamente el software, pero que el proyectista debe pulir para lograr un reflejo con mayor fidelidad respecto del terreno natural. En ello radica la importancia de lograr una gran densidad de puntos, fundamentalmente en las zonas de mayor pendiente, y de conocer detalles del terreno relevado que pueden llevar a forzar triangulaciones de forma manual por el gran conocimiento del sector.

La generación del modelo es un proceso delicado que demanda tiempo en un principio, pero que será determinante para la obtención de resultados válidos en todo el proceso; ya sea resultados de pendientes de terreno, elevaciones, escurrimientos de agua, parámetros de diseño de la obra, incluso cómputos para movimientos de suelos y otros materiales.

IV.4.3 Análisis de elevaciones y curvas de nivel.

Una modelación correcta permite obtener los primeros detalles a observar respecto de la topografía del lugar. En los capítulos siguientes se describirán los procesos de análisis para determinar las cuencas y los sentidos de escurrimiento dentro del predio.

No obstante en esta etapa se pueden presentar el plano de curvas de nivel del sector y sumar a este un plano de análisis por elevaciones que presenta sectores comprendidos entre distintas cotas mediante un interesante diagrama de colores que resulta ser claro para un rápido análisis visual.

Esto último puede apreciarse en los planos “2 - Curvas de nivel” y “3 - Análisis de elevaciones” de Anexo 1.

CAPÍTULO V

HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

V.1 INTRODUCCIÓN.

Se ha hablado en reiteradas oportunidades de la topografía extremadamente plana que se presenta en toda la zona y las dificultades que en algunas ocasiones esto genera para la evacuación hidrológica e hidráulica.

La tarea en esta etapa del proyecto consiste en determinar el método de análisis hidrológico que más se adapte a las características del lugar, topografía, extensión, subdivisiones, etc. Con dicho análisis deberán resolverse los caudales a evacuarse del sector, que son los que permitirán verificar las dimensiones a proyectar para la construcción del nuevo sistema de drenaje, a su vez con ella se pueden determinar los alteos de los caminos y la necesidad, o no, de nuevas obras de arte.

V.1.2 Esquema metodológico para el estudio hidrológico e hidráulico.

1	Obtención de datos generales. Topografía de la región, canales principales
2	Datos específicos. Relevamiento topográfico del predio. Inspección visual del lugar.
3	Recopilación de datos meteorológicos y datos relevantes del lugar.
4	Utilización del Modelo Digital de elevaciones. Delimitación de las cuencas del predio. Plano de dinámica hídrica.
5	Simulación Hidrológica. Caracterización de las cuencas del predio. Determinación del tipo de suelo, CN, cálculo de caudales de escorrentía.
6	Pseudocalibración del modelo hidráulico.
7	Diseño de desagües. Sumatoria de caudales. Dimensionamiento de cunetas y obras de arte.

V.2. CANALES DE DESAGÜE.

La principal canalización para captar el agua de las precipitaciones en la zona, es el Canal Oeste de Rafaela, que se encuentra ubicado aproximadamente a 4 km al Oeste de la Estación Experimental Agropecuaria, el que es tributario del Arroyo Las Calaveras situado 5 km al Norte.

Para alcanzar el cauce del Canal Oeste el escurrimiento del predio deberá dirigirse por canalizaciones y alcantarillas internas hacia los Caminos Vecinales N°3 y N°4, donde atravesarán la futura Autopista (en construcción), que en su proyecto presenta alcantarillas en ambas intersecciones que permitirían el escurrimiento.

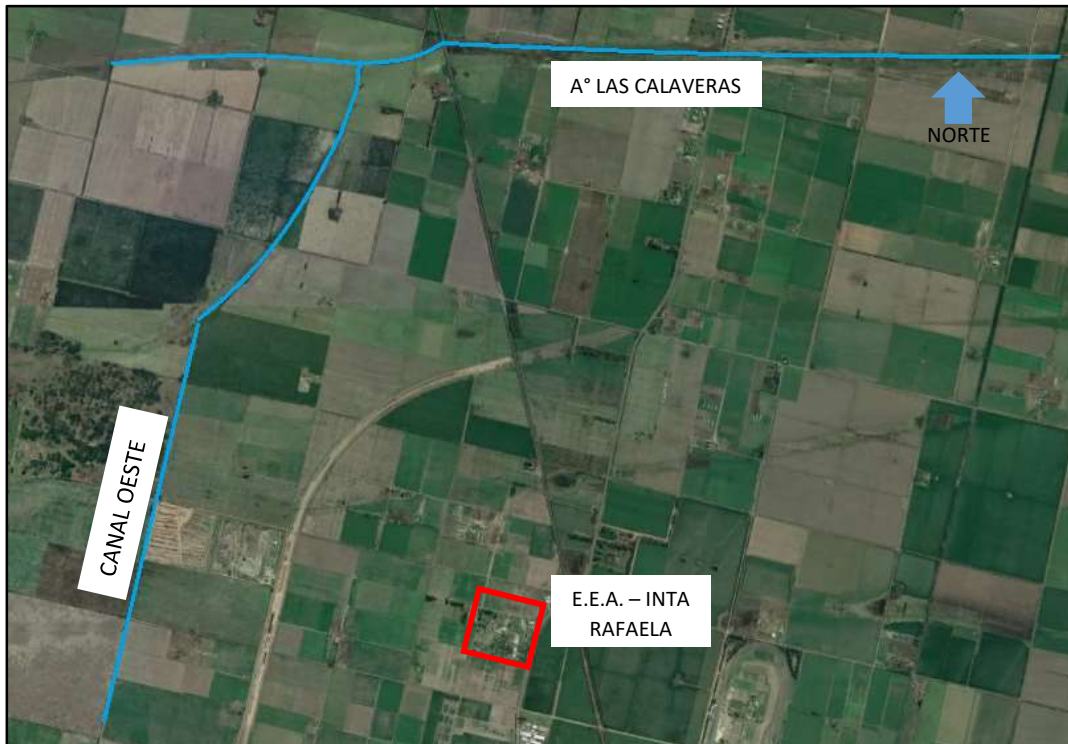


Figura V.1: Ubicación de Canal Oeste y A° Las Calaveras. Fuente: Elaboración propia, 2019.

V.3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO.

Existe una gran variedad de métodos que permiten realizar el análisis hidrológico de cualquier cuenca. No obstante, esta situación en particular se limitaba a tres posibilidades dado el software elegido para hacer el estudio.

Hydraflow Express es una extensión de Autocad Civil 3D específicamente destinada al cálculo hidrológico e hidráulico. En el mismo se permite el análisis de cuencas hidrográficas por el método racional, el método racional modificado y el método de curva número del SCS.

El Método Racional resulta una solución muy difundida y práctica para situaciones en las que se pretende lograr estimaciones de poca precisión. El mismo permite calcular caudales pico aunque sin tener en cuenta la variación en la intensidad de la tormenta, ni su distribución para cuencas de gran tamaño, asume también que la escorrentía es directamente proporcional a la intensidad de la tormenta, sin tener en cuenta condiciones como estado de humedad del suelo, precipitaciones antecedentes, etc.

El método racional modificado es una variante del anterior, se aplica con mayor precisión para tormentas de mayor duración que su predecesor, incluso en cuencas de superficies mucho más grandes.

En efecto, el método de Curva Número resultó ser el más apto para el caso de aplicación que se presenta. Es el que mejor se adaptaba a las condiciones del terreno, por tipo de recubrimiento y topografía, al igual que las dimensiones de la superficie en estudio.

El mismo es un método empírico que fue desarrollado por el Soil Conservation Service de Estados Unidos. Calcula la escorrentía de una determinada precipitación en función del parámetro número de curva que depende, entre otras variables, de las condiciones preexistentes del terreno al momento de producirse la precipitación.

V.3.1 Método utilizado – Curva Número S.C.S.

El Método de Curva Número es un modelo empírico desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) de Estados Unidos que determina un umbral de escorrentía (P0) a través de un número hidrológico o número de curva (CN por sus siglas en inglés) agregado de la cuenca.

V.3.1.1 Exceso de precipitación.

Según los resultados experimentales del S.C.S. el caudal en exceso está determinado por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (V.1)$$

Dónde: Q= Exceso de precipitación.

P= Precipitación acumulada

S= Potencial máximo de retención

Por su parte:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (V.2)$$

V.3.1.2 Determinación de CN.

El Número de Curva toma un valor de 0 a 100 dependiendo de la capacidad del suelo de generar escorrentía superficial. Valores cercanos a 0 representan condiciones de permeabilidad muy alta, mientras que valores cercanos a 100 representan condiciones de impermeabilidad.

El Número de Curva depende de las siguientes propiedades generadoras de escorrentía de la cuenca:

- a) tipo hidrológico de suelo (tabla V.1).
- b) uso de la tierra y tratamiento (tabla V.2).
- c) condición previa de humedad (tabla V.3).

El método fue desarrollado a partir de registros de lluvia y escorrentía en 24 horas, por lo que no considera explícitamente la variación temporal de la escorrentía, y determina los CN expresados en la tabla V.4.

a)

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
A	Bajo potencial de escorrentía	Son suelos que tienen alta transmisión de infiltración, aun cuando están muy húmedos
B	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	Suelos con transmisión de infiltración moderada. Suelos moderadamente profundos a profundos.
C	Moderadamente alto potencial de escorrentía	Suelos con infiltración lenta, con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; de texturas moderadamente finas; suelos con infiltración lenta debido a la presencia de sales o álcali o con mesas de agua moderadas.
D	Alto potencial de escorrentía	Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Son suelos arcillosos con alto potencial de expansión; con nivel freático alto; con "claypan" o estrato arcilloso superficial; con infiltración muy lenta debido a sales o álcali y poco profundos sobre material impermeable.

Tabla V.1: Clasificación de tipos hidrológicos de suelo. Fuente: Monsalve Saenz, 1995.

b)

CONDICIÓN	COBERTURA
Buena	>del 75% del área
Regular	Entre 50% y 70%
Mala	<del 50%

Tabla V.2: Usos y tratamientos de suelos. Fuente: Monsalve Saenz, 1995.

c)

CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE	PRECIP. ACUMULADA DE LOS 5 DÍAS PREVIOS AL EVENTO EN CONSIDERACIÓN
I	0.0 – 33 mm
II	33.0 – 52.5 mm
III	Más de 52.5 mm

Tabla V.3: Condición previa de humedad en suelo. Fuente: Monsalve Saenz, 1995.

d)

USO DE LA TIERRA	COBERTURA, TRATAMIENTO O PRÁCTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DE SUELOS NÚMERO DE CURVA			
Rastrojo	Hileras rectas	-----	77	86	91	94
	Hileras rectas	Mala	71	81	88	91
Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	62	71	78	81
	Hileras rectas	Mala	65	76	84	86
Estrechas	Hileras rectas	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hileras estrechas o forraje en rotación	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras rectas	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastos de pastoreo		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Mala	47	87	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Pastos de corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Patios			59	74	82	86
Caminos de tierra			72	82	87	89
Pavimentos		----	74	84	90	92

Tabla V.4: Determinación de CN según condiciones de cuencas. Fuente: Monsalve Saenz, 1995.

V.3.1.3 Cálculo de caudal pico.

Por su parte el método SCS, y por lo tanto el software Hydraflow Express, realiza una estimación del caudal pico de la cuenca analizada:

$$Qp = \frac{300 \times A \times Q}{Tp} \quad (V.3)$$

Dónde: A= área de la cuenca.

Q= Exceso de precipitación.

Tp= Tiempo hasta alcanzar el Qp.

El valor 300 en la ecuación corresponde al factor de forma. Es un parámetro utilizado por el método SCS, y es variable dependiendo de las características de las cuencas. El proyectista debe definir el valor a utilizar, que en las condiciones presentes, de terreno llano y cursos de agua poco definidos dentro de las sub-cuencas, Hydraflow express sugiere utilizar el factor igual a 300.

Por su parte:

$$Tp = 0,7 \times Tc \quad (V.4)$$

Tc= Tiempo de concentración.

Todas las ecuaciones presentadas en esta sección son las utilizadas por Hydraflow para el cálculo de los hidrogramas y sus características.

V.3.1.4 Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración (Tc) debe estimarse para cada una de las sub-cuencas contribuyentes al sistema de desagües planteado. Este parámetro describe el tiempo que transcurre hasta el momento en el cual toda la escorrentía producida en la sub-cuenca contribuye simultáneamente a la salida de esta.

Se estima mediante ecuaciones empíricas según la relación de parámetros como: la longitud hidráulica (Lh), el número de curva del SCS (CN) y la pendiente media del terreno (S).

$$Tc = 1,67 \times Lt \quad (V.5)$$

$$Lt = \frac{l_h^{0,8} \times (S + 1)^{0,7}}{1900 \times Y^{0,5}} \quad (V.6)$$

Dónde: Lt = Tiempo de retraso (hs)

l_h = longitud hidráulica de la cuenca (mts)

S= Potencial máximo de retención (ver ecuación V.2)

Y= Pendiente del terreno (%)

V.3.2 Recopilación de datos meteorológicos.

Si bien se contó con una gran disponibilidad de datos, fundamentalmente del exhaustivo registro meteorológico que realiza INTA, la información de mayor incidencia remite a la utilización de las curvas I-D-F. Estas no debieron ser elaboradas por los autores debido a la información disponible por parte de la Municipalidad de Rafaela.

V.3.2.1 Curvas I-D-F.

Se presentan las curvas I-D-F según los registros disponibles en Rafaela.

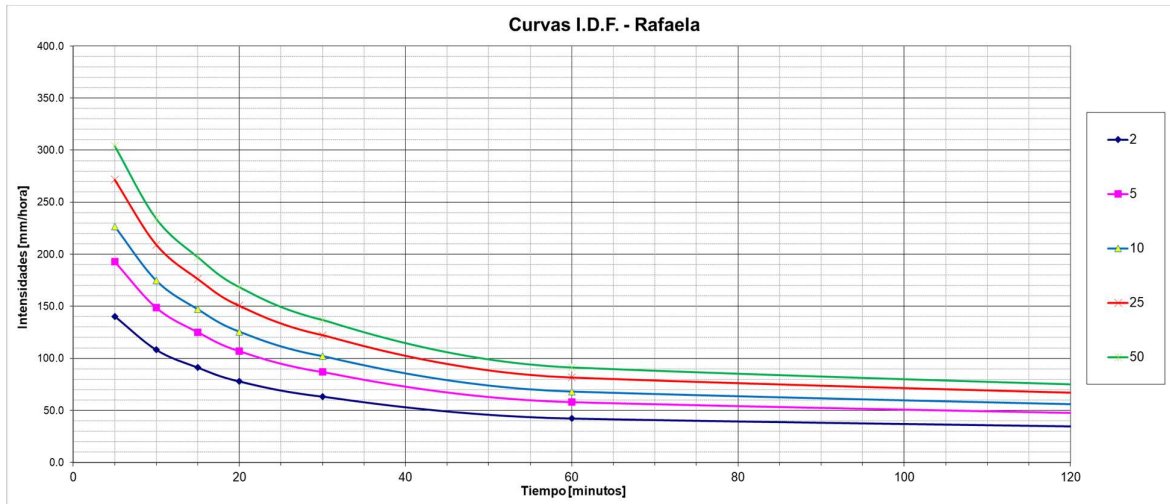


Figura V.2: Curvas I-D-F de Rafaela. Fuente: Municipalidad de Rafaela, 2016.

Los valores de las curvas I-D-F son ingresados al software donde se indicará posteriormente el período de recurrencia para el diseño de la obra.

V.3.3 Sub-cuencas del predio.

Se ha hablado anteriormente de la topografía plana de la región centro-oeste santafesina en la que claramente se enmarca la E.E.A., lo que ha dificultado en cierto modo la determinación de las cuencas hidrográficas. Lograr líneas divisorias de aguas en sectores de tan baja pendiente y en áreas relativamente pequeñas es una tarea dificultosa, imposible de realizar para el software de manera “automática”, es por ello que en este punto se ponen en juego criterios de los proyectistas para lograr un resultado aceptable.

En primer lugar se determinaron los sectores principales de los que debe evacuarse el agua, aquellos que tienen mayor impacto en el desarrollo de actividades de la institución y que pudieran ser perjudiciales para la estructura de los caminos. Pudo constatar en esta instancia, la presencia de las cuencas de menores dimensiones en el casco principal, siendo las que se encontraban “encerradas” entre caminos y las de mayor extensión las enmarcadas dentro de los distintos lotes. Se procuró determinar cuencas de superficies relativamente homogéneas, que no difieran en más de 5 veces el área de las más extensas respecto de las más pequeñas.

El proceso de delimitación determinó 39 sub-cuencas enumeradas de sur a norte, siendo ellas todas las que desaguan hacia los sectores de cunetas. Para este caso de estudio se han obviado los sectores del predio que escurren fuera de los límites del campo, ya sea en desagües de la Ruta Nacional 34 o caminos vecinales. (Ver planos 4 y 5 de anexo 1)

Es importante destacar que, dadas las dimensiones de las sub-cuencas y la homogeneidad de toda la superficie, se utilizará un único valor de pendiente expresado en porcentaje igual a 0,2. La caracterización del tipo de suelo, así como las condiciones antecedentes de humedad se encuadran en valores iguales para todo el predio debido a que es muy poco probable que existan diferencias en un área de estas dimensiones.

Los usos de suelo varían en distintos rubros dentro del campo. Se presentan potreros con pasturas para pastoreo directo o para silajes, cultivos de granos en hileras, corrales ganaderos, edificios y zonas parqueadas con cobertura de césped.

Del análisis descripto precedentemente surge la siguiente tabla, que expresa las características más relevantes de cada sub-cuenca:

N°	G. DE SUELO	COND. DE HUM.	USO DE SUELO	ÁREA (Ha)	CN	ÁREA TOTAL	CN PONDERADO	LH (m)
1	C	II	Tambo (baja cobert.)	1,3	90	2,65	82	190
			pasturas	1,35	74			
2	C	II	cultivos	3,1	81	3,1	81	212
3	C	II	cultivos	2,82	81	2,82	81	291
4	C	II	Cultivos (baja cobert.)	3,25	85	3,25	85	242
5	C	II	Pasturas	2,42	74	2,42	74	173
6	C	II	pasturas	3,04	74	3,04	74	213
7	C	II	Cultivos (baja cobert.)	4,01	85	4,01	85	241
8	C	II	Pasturas	3,32	74	3,32	74	247
9	C	II	Cultivos (baja cobert.)	3,4	85	3,4	85	236
10	C	II	Cultivos (baja cobert.)	2,51	85	2,51	85	209
11	C	II	Cultivos (baja cobert.)	5,42	85	5,42	85	227
12	C	II	Cultivos (baja cobert.)	2,21	85	2,21	85	202
13	C	II	Cultivos (baja cobert.)	2,95	85	2,95	85	174
14	C	II	Cultivos (baja cobert.)	3,92	85	3,92	85	218
15	C	II	Césped	0,64	82	0,69	83	98
			Edificios	0,051	90			
16	C	II	Césped	0,27	82	0,27	82	65
17	C	II	Césped	0,76	82	0,76	82	93
18	C	II	Césped	0,58	82	0,61	82	70
			Edificios	0,033	90			
19	C	II	Césped	0,42	82	0,42	82	77
20	C	II	Césped	0,42	82	0,435	82	82
			Edificios	0,015	90			
21	C	II	Cultivos (baja cobert.)	2,52	85	2,52	85	163
22	C	II	Césped	0,84	82	0,914	83	143
			Edificios	0,074	90			
23	C	II	pasturas	3,41	74	3,41	74	227
24	C	II	Césped	0,76	82	0,95	84	118
			Edificios	0,19	90			
25	C	II	Césped	0,07	82	0,31	88	60
			Edificios/pavimento	0,24	90			
26	C	II	Césped	0,76	82	0,76	82	168
27	C	II	Edificios	0,1	90	0,65	83	109
			Césped	0,55	82			
28	C	II	Césped	0,6	82	0,6	82	114
29	C	II	Césped	1,29	82	1,5	83	117
			Edificios	0,21	90			
30	C	II	Césped	1,39	82	1,44	82	123
			Edificios	0,05	90			
31	C	II	Baja cobertura	2,72	85	2,72	85	225
32	C	II	pasturas	2,85	74	2,85	74	247
33	C	II	pasturas	3,63	74	3,63	74	208
34	C	II	pasturas	2,71	74	2,71	74	185
35	C	II	pasturas	1,17	74	1,17	74	202
36	C	II	pasturas	3,83	74	3,83	74	238
37	C	II	pasturas	2,92	74	2,92	74	261
38	C	II	pasturas	1,6	74	1,6	74	188
39	C	II	pasturas	2,35	74	2,35	74	245

Tabla V.5: Características de sub-cuencas del predio. Fuente: elaboración propia, 2019.

El caso en que se presenten dos o más usos de suelos para una misma cuenca, lo cual representa áreas parciales con distintos números de curva, el programa estima el CN ponderado, el cual está asociado a la influencia de cada área parcial dentro de la sub-cuenca.

Area	Area (ha)	Curve No. CN
Area 1	1,30	90
Area 2	1,35	74
Area 3	0,00	0
Area 4	0,00	0
Area 5	0,00	0
Area 6	0,00	0
Composite CN		82

Figura V.3: Ejemplo de cálculo de CN ponderado (cuenca 1). Fuente: elaboración propia, 2019.

V.3.4 Simulación hidrológica.

De acuerdo con todo lo expresado en este capítulo, el método del hidrograma unitario del SCS fue utilizado para calcular los caudales de descarga de cada una de las sub-cuenclas según las características indicadas en la tabla V.5, para tormentas de un período de recurrencia de 10 años.

V.3.4.1 Utilización de Hydraflow.

Al finalizar la determinación de las características de todas las sub-cuenclas se procedió al cálculo de los hidrogramas característicos de cada caso.

El primer paso es seleccionar el método que se utilizará, para este caso ya se ha hablado respecto del método SCS.

El valor del *área* es de ingreso directo, según la superficie total de la cuenca, obtenida en Autocad Civil 3D.

El valor de *CN* puede resultar directo, si se considera un solo uso de suelo para la sub-cuenca, o ponderar los resultados dados por los valores CN de cada uso de suelo y la incidencia de su *área* en la superficie total de la sub-cuenca, como se ha explicado anteriormente.

El procedimiento de cálculo del *tiempo de concentración* se selecciona según criterios de los autores, basándose en la metodología recomendada por el software. En este caso, donde se presentan bajas pendientes y escurrimientos poco encausados, se utiliza el método experimental Lag Time (Tiempo de retraso), detallado en la ecuación V.6.

Para calcular el *tiempo de concentración* (T_c), se requiere indicar al software la *longitud hidráulica* (L_h) de la cuenca junto con la pendiente media del recorrido. Como se mencionó anteriormente, la pendiente media se considera de igual valor en todos los casos (0,2%) y L_h se determina utilizando el modelo digital de elevaciones.

The screenshot shows a dialog box titled "Tc by Lag / Kirpich". It contains three input fields under the heading "Lag Method":

- Basin Slope (%) = 0,2
- Hydraulic Length (m) = 190,0000
- Travel time, Tc, (min) = 46

 To the right of these fields are two buttons: "Compute" and "Exit".

Figura V.4: Ejemplo de cálculo de T_c (cuenca 1). Fuente: elaboración propia, 2019.

Para la simulación de tormentas se utilizó una *distribución sintética*. Caracterizada por generar tormentas de igual intensidad en toda el área de la cuenca, utilizando de las curvas IDF para generar hidrogramas simétricos, aumentando las intensidades en la mitad del tiempo de simulación. Condición adecuada para superficies de poca extensión, como las que se presentan en el proyecto.

Factor de forma (shape factor) se ingresa el valor 300 (según sección V.3.1.3 – ecuación V.3).

La *frecuencia* o período de recurrencia fue determinado en 10 años. Se sabe que la vida útil del proyecto se ha establecido en 15 años, de este modo se plantea una condición en la que, al menos una vez durante este tiempo, el sistema de desagües puede trabajar al límite de su capacidad.

El caudal pico de cada sub-cuenca se expresa en la tabla V.6.

<input type="radio"/> Rat <input type="radio"/> M-Rat <input checked="" type="radio"/> SCS		
Section	Item	Input
Basin	Hyd Type =	SCS
	Area (ha) =	2,650
	Curve No. (CN) =	82
	Tc Method =	Lag
	Tc (min) =	46
Storm	Distribution =	Synthetic
	Duration (hrs) =	24,00
	Shape Factor =	300
Calcs	Frequency (yrs) =	10
	Target Q (cms) =	0,0000

Buttons: Clear Run

Figura V.5: Entrada de datos para cálculo de hidrograma. Fuente: elaboración propia, 2019.

V.3.4.2 Hidrograma unitario sintético.

De este modo, se logró llegar a los hidrogramas de todo el sector en estudio, y consecuentemente a los caudales pico necesarios para el desarrollo y dimensionamiento del proyecto hidráulico.

A modo de ejemplo, como se realizó a lo largo de todo el capítulo, se expone el hidrograma unitario de la cuenca 1; el resto de los valores son presentados en la tabla V.6.

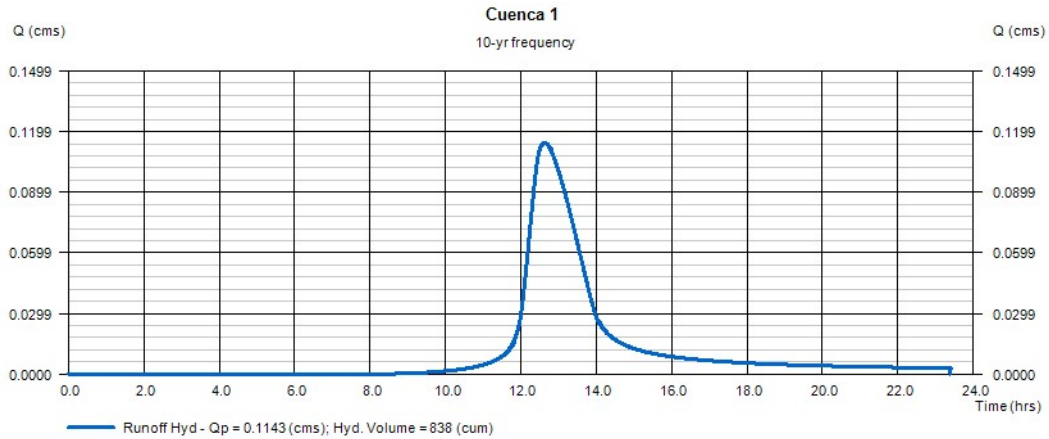


Figura V.6: Hidrograma de sub-cuenca 1. Fuente: elaboración propia, 2019.

Como resultante de los hidrogramas estimados anteriormente se conformó la siguiente tabla que representa los caudales pico de escorrentía de las sub-cuencas.

SUBCUENCA	Q (m3/s)	SUBCUENCA	Q (m3/s)
1	0,114	21	0,345
2	0,2985	22	0,049
3	0,231	23	0,213
4	0,362	24	0,058
5	0,177	25	0,031
6	0,197	26	0,089
7	0,446	27	0,04
8	0,228	28	0,085
9	0,388	29	0,091
10	0,3	30	0,08
11	0,618	31	0,317
12	0,271	32	0,169
13	0,381	33	0,235
14	0,457	34	0,19
15	0,044	35	0,079
16	0,05	36	0,231
17	0,116	37	0,167
18	0,043	38	0,11
19	0,069	39	0,141
20	0,029		

Tabla V.6: Caudales pico de sub-cuenca. Fuente: elaboración propia, 2019.

V.3.5 Plano de dinámica hídrica.

Conociendo los valores de las elevaciones y pendientes del terreno y, habiendo obtenido los caudales de cada sub-cuenca, se conformó el plano de dinámica hídrica, determinando un esquema de escurrimiento superficial (ver plano 4 de anexo 1).

V.4 ANÁLISIS HIDRÁULICO.

Luego del análisis topográfico realizado con el software AutoCad Civil 3D, se determinó hacia dónde deben escurrir los desagües a construir, conformando de este modo el plano de dinámica hídrica mencionado en la sección V.3.5.

El diseño hidráulico del proyecto se encuentra condicionado por la geometría de los caminos existentes en el sector de estudio. Por ello, deben dimensionarse canalizaciones interconectadas a través de alcantarillas que permitan evacuar los caudales determinados anteriormente.

V.4.1 Utilización de Hydraflow.

Mediante la extensión para cálculos hidráulicos, se procede al dimensionamiento de todos los elementos de desagüe.

El software toma como base para todos sus cálculos y dimensionamientos hidráulicos la ecuación de Manning. Permite determinar caudales para diferentes secciones de canales, como así también dimensiona desagües a través de caudales conocidos por métodos iterativos. Este último es el método que prevalece en el presente proyecto.

$$Q = \frac{1,49}{n} \times A \times r^{2/3} \times \sqrt{S} \quad (V.7)$$

Dónde: Q= Caudal.

n= Coef. de rugosidad de Manning

A= Área de la sección

r= Radio hidráulico.

S= Pendiente.

Las alcantarillas se dimensionan mediante la ecuación de diámetro crítico:

$$Dc = \left(\frac{1,01}{D^{0,26}} \right) + \left(\frac{Q^2}{g} \right)^{0,25} \quad (V.8)$$

Dónde: Dc= diámetro crítico

D= Diámetro de alcantarilla

Q= caudal

Por su parte, el programa utiliza la ecuación de pérdida de energía de Bernoulli para determinar el escurrimiento dentro de la alcantarilla, considerando la pérdida de carga "aguas arriba y aguas abajo" adicionando la pérdida de energía por fricción según la ecuación de Manning (ecuación V.7).

$$P_1 + \frac{\delta V_1^2}{2} + \delta gh_1 = P_2 + \frac{\delta V_2^2}{2} + \delta gh_2 \quad (V.9)$$

Dónde: P= Presión en los distintos puntos del tubo.

$\frac{\delta V_x^2}{2}$ = Energía cinética por unidad de volumen.

δgh_1 = Energía potencial por unidad de volumen.

V.4.2 Pseudocalibración del modelo.

Previo a los dimensionamientos definitivos de cunetas y alcantarillas es necesario corroborar que el modelo se comporta conforme a las condiciones existentes en el campo, y que los resultados que se obtienen son confiables.

En marzo de 2016 el predio sufrió considerables anegamientos producto de grandes precipitaciones. Este antecedente relatado por personal de INTA y registros fotográficos (capítulo I) permite conocer el comportamiento de algunas secciones de desagüe. Puntualmente la verificación se realiza seleccionando la alcantarilla ubicada en el *Camino 1* prog. 1+700 lado derecho.

Por escurrimiento de pendientes naturales se deduce las cuencas que desaguan sobre esta sección, se determina la sumatoria de sus caudales y se establecen los parámetros para la verificación de la alcantarilla en cuestión.

Para esta simulación se requieren los siguientes datos, obtenidos de los relevamientos en campo y del modelo computacional:

- Caudal.
- Diámetro.
- Coef. de Manning.
- Cota de entrada.
- Cota de tapada.

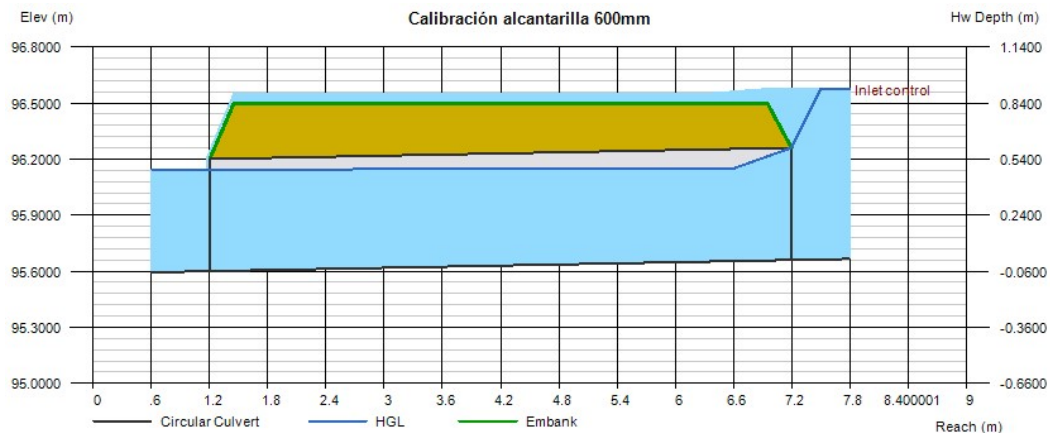


Figura V.7: Resultados de pseudocalibración del modelo. Fuente: elaboración propia, 2019.

El software muestra en su interfaz un corte longitudinal de la alcantarilla, y sobre ella se representa el terraplén de tapada. De acuerdo con los resultados obtenidos y como puede observarse en la imagen V.6, la sección de alcantarilla es insuficiente para los caudales a evacuar ante tormentas de tales características.

Este resultado revela concordancia entre los valores obtenidos de la simulación computacional y el caso real tomado como base. Determinando que el modelo digital de elevaciones es satisfactorio para la realización del proyecto y dimensionamiento hidráulico. Lamentable no existen registros pluviográficos de tormentas que permitan realizar otro tipo de verificación.

V.4.3 Condiciones existentes.

Para la elaboración de la tabla de condiciones existentes de desagüe se consideró la sumatoria de los caudales picos de cada sub-cuenca según el escurrimiento observado en el plano de dinámica hídrica. Determinando así el caudal en las secciones más solicitadas para la ejecución del reacondicionamiento de cunetas, verificación de alcantarillas existentes y construcción de nuevas.

Los caudales picos vertidos por cada sub-cuenca se dan en diferentes tiempos de concentración, incluso en ubicaciones distantes a lo largo de las cunetas. Se considera conveniente sumarlos en simultáneo para lograr resultados más conservadores que no reparan en importantes costos económicos dentro del proyecto. De ello se deducen los caudales máximos a evacuar en un período de retorno de 10 años.

Este conjunto de datos permitió elaborar una tabla que determina los caudales máximos a evacuar por cada canalización y/o alcantarilla (tabla V.7).

Para concretar el dimensionamiento de los elementos de desagüe resulta necesario contemplar las siguientes limitantes de diseño:

- Evitar pendientes que generen erosiones.
- Considerar dimensiones de cunetas adecuadas a los espacios existentes, siempre que sea posible.
- Determinar cotas de desagüe de los sectores externos del predio.
- Concretar tapadas en alcantarillas bajo calzada.

La totalidad de los desagües se desarrollan sobre cunetas excavadas en terreno natural con presencia de vegetación, de sección aproximadamente trapezoidal. Los cruces bajo caminos o accesos a lotes se proponen con tubos de hormigón armado de sección circular; con excepción de la resolución propuesta en el *Camino 7* con albañales dado que no se verifican condiciones de tapada mínima en caso de utilizar alcantarillas circulares.

Para cada sección calculada, se observa el funcionamiento bajo condiciones extremas de exigencia, con sus correspondientes dimensiones.

En el presente informe, se ejemplifica cada uno de los elementos (canales, alcantarillas y albañales) en un sector determinado. Para los restantes se utilizan tablas que permiten identificarlos más rápidamente y facilitan su comprensión.

SECTOR	LADO	CUENCAS APORTANTES	Σ DE Q	ELEMENTO
Camino 1 Pr. 0+000-0+650	LD	1-3-6	0,18	Cuneta
	LI	2-4-5-7-8-9	0,317	Cuneta
Camino 1 Pr. 0+660-1+050	LD	13-12-10	0,952	Cuneta
	LI	23	0,213	Alcantarilla existente
LD		14-11	1,075	Cuneta
	21-22	0,394	Alcantarilla Nueva C11	
	21-22	0,394	Cuneta	
	21-22-30	0,474	Alcantarilla existente C12	
	29-30-25-33-35-22-21	0,91	Cuneta	
	29-30-25-33-35-22-21	0,91	Alcantarilla Existente CV3	
	23-31	0,53	Alcantarilla Existente	
Camino 2 Pr. 0+000-0+200	LD	20-19	0,098	cuneta
	LI	No hay desagüe		
Camino 2 Pr. 0+200-0+250	LD	25	0,031	Alcantarilla Existente
		25-29	0,122	Alcantarilla Existente C12
		25-29	0,122	Cuneta
	LI	No hay desagüe		
Camino 12 Pr. 0+250-0+533		27-28	0,125	Alcantarilla Interna C5
		27-28	0,125	Cuneta hacia R34
Camino 12 Pr. 0+000-0+050	LD	29-30	0,171	Cuneta hacia C1
Camino 7 Pr. 0+000-0+400	LD	20-19-17-15	0,258	Cuneta
		20-19	0,098	Alcantarilla nueva
		17-18	0,159	Alcantarilla nueva
		15	0,044	Alcantarilla nueva
Antiguo ingreso (desagüe de C7)		20-19-17-15	0,258	Cuneta hacia R34
Camino 6 Pr. 0+000-0+286	LD	16	0,05	Alcantarilla Existente C4
		16-24	0,108	alcantarilla Existente C10
Camino 6 inters. c/ Camino 12	LI	16-24-26	0,197	Cuneta desagüe R34 (ingreso)
Camino 10 Pr. 0+000-0+212	LD	26	0,089	Cuneta
	LI	16-24	0,108	Cuneta
		16-24	0,108	Alcantarilla Existente C6
Camino 3 Pr. 0+000-0+250	LD	17-18	0,159	Cuneta desagua en C7
Camino 5 Pr. 0+000-0+120	LD	16-24	0,108	Desagua entre C10 y alcantarilla
Camino 5 Pr. 0+130-0+279	LD	27-28	0,125	Cuneta
		27-28	0,125	Alcantarilla Existente C12
Camino 1 Pr. 1+725-1+981	LD	38-36	0,341	Cuneta
	LI	39-37	0,308	Cuneta

Tabla V.7: Sumatoria de caudales a evacuar en desagües. Fuente: elaboración propia, 2019.

V.4.3.1 Dimensionado de cunetas.

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Trapezoidal
	Btm Width (m)	0,6000
	Side Slope, z:1 =	1,0000; 1,0000
	Tot Depth (m) =	1,0000
	Inv Elev(m) =	96,0000
	Slope (%) =	0,1500
	n-value =	0,025
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0,9520

Clear Run

Figura V.8: Parámetros de diseño de cunetas. Fuente: elaboración propia, 2019.

La selección del *tipo de sección* de las cunetas es el primer parámetro a tener en cuenta. Se opta por una sección trapezoidal, que es comúnmente utilizada en cunetas de suelo natural, por emplear taludes que evitan erosiones y desmoronamientos. Dichos taludes se establecen en 1V:1H debido a la escasez de espacio a la vera de los caminos y las bajas profundidades de la mayoría de las cunetas.

La *cota de profundidad (Inv Elev)*, hace referencia a la elevación del fondo de cuneta en el inicio del canal.

Determinar la *pendiente (slope)* es una tarea que se relaciona con lograr salvar desniveles que coincidan con las cotas de desagües en los extremos de cada canal, procurando que las velocidades de escurrimiento no sean erosivas.

Conociendo la escasa variación de nivel a lo largo del predio deben lograrse pendientes que garanticen el normal escurrimiento teniendo en cuenta las limitantes de diseño existentes (alcantarillas de caminos vecinales y cunetas de Ruta Nacional 34)

El *coeficiente n de Manning* se determinó para todos los casos en 0,025 que es el correspondiente a cunetas de suelo natural con cobertura vegetal (Facorro Ruiz, 1964, p.251); dado que es el modo en que se pretende que funcionen los desagües durante toda su vida en servicio.

Los *caudales (Q)* se obtienen de la tabla V.6.

Los parámetros de *ancho de fondo (Btm Width)* y *profundidad total (Tot Depth)* varían según la solicitud de cada desagüe y se obtienen por medio de iteración puesto que el resto de las variables son conocidas.

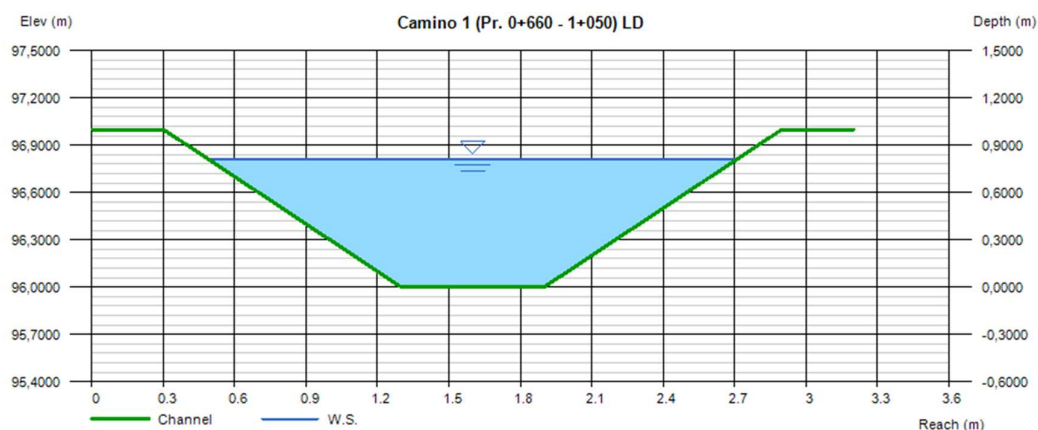


Figura V.7: Sección transversal de cuneta en camino 1. Fuente: elaboración propia, 2019.

SECTOR	LADO	ANCHO SOLERA (m)	ALTURA TOTAL (m)	ANCHO SUPERIOR (m)	PENDIENTE LONG. (%)	V (m/s)	
C1	Pr. 0+000-0+650	LD	0,5	0,6	1,25	0,1	0,5
		LI	0,5	0,8	1,6	0,1	0,54
	Pr. 0+660-1+050	LD	0,6	1,05	2,22	0,15	0,83
		LI	0,6	1,05	2,22	0,15	0,86
	Pr. 1+055-1+300	LD	0,7	0,6	1,69	0,15	0,66
			0,6	1	2,16	0,15	0,85
	Pr. 1+055-1+700	LI	0,6	1	2,16	0,15	0,85
	Pr. 1+725-1+981	LD	0,7	0,6	1,62	0,1	0,57
LI		0,7	0,6	1,62	0,1	0,57	
C2	Pr. 0+000-0+190	LD	0,5	0,4	0,97	0,06	0,56
		LI	Rectificado de cuneta existente.				
	Pr. 0+200-0+383	LD	Rectificado de cuneta existente.				
		LI	0,4	0,4	1	0,1	0,59
C3	Pr. 0+000-0+240	LD	0,4	0,5	1,16	0,1	0,52
		LI	Rectificado de cuneta existente.				
C4	Pr. 0+000-0+126	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				
C5	Pr. 0+000-0+120	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				
		LD	0,5	0,5	1,44	0,03	0,27
	LI	0,5	0,5	1,31	0,1	0,46	
C6	Pr. 0+000-0+286	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				
	En inters. c/ C12	LI	0,5	0,5	1,37	0,1	0,47
C7	Pr. 0+000-0+400	LD	0,5	0,6	1,5	0,1	0,51
	Antiguo ingreso (desagüe de C7)		0,5	0,6	1,5	0,1	0,51

CONTINÚA...

SECTOR	LADO	ANCHO SOLERA (m)	ALTURA TOTAL (m)	ANCHO SUPERIOR (m)	PEND. LONG. (%)	V (m/s)	
C8	Pr. 0+000-0+050	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				
C9	Pr. 0+000-0+051	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				
C10	Pr. 0+000-0+212	LD	Rectificado de cuneta existente.				
		LI	0,4	0,4	1,11	0,1	0,41
C11	Pr. 0+000-0+100	LD/LI	Rectificado de cuneta existente				
C12	Pr. 0+450-0+533		0,4	0,4	1	0,1	0,6
	Pr. 0+000-0+450	LD	0,5	0,5	1,31	0,1	0,46
	Pr. 0+000-0+450	LI	0,5	0,5	1,32	0,1	0,46
C13	Pr. 0+000-0+260	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				
C14	Pr. 0+000-0+138	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				
C15	Pr. 0+000-0+151	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				
C16	Pr. 0+000-0+152	LD/LI	Rectificado de cuneta existente.				

Tabla V.8: Dimensiones de diseño en cunetas. Fuente: elaboración propia, 2019.

V.4.3.2 Dimensionado de alcantarillas.

Section	Item	Input
Pipe	Inv Elev Dn =	90,0000
	Length (m) =	6,0000
	Slope (%) =	0,5000
	Inv Elev Up =	90,0300
	Rise (mm) =	500,0
	Shape =	Circular
	Span (mm) =	500,0
	No. Barrels =	1
	n-value =	0,014
	Culvert Type =	Circular Concrete
	Culvert Entrance =	Square edge w/headwall (C)
Embank	Top Elev =	91,2000
	Top Width (m) =	5,0000
	Crest Len (m) =	5,0000
Calcs	Q Min (cms) =	0,2130
	Q Max (cms) =	0,6230
	Q Incr (cms) =	0,0283
	Tailwater (m) =	(dc+D)/2
Clear		Run

Figura V.8: Parámetros de diseño de alcantarillas. Fuente: elaboración propia, 2019.

El caso de las alcantarillas requiere verificar la capacidad de las existentes, a fin de evaluar su reutilización o demolición y recambio.

A través del relevamiento previo se referenciaron y caracterizaron todas las obras de arte. Los parámetros considerados son: *diámetro interior (Rise)*, *pendiente longitudinal (Slope)*, *forma (shape)*, *número de luces (n barrels)*, y *el coeficiente de Manning n*, siempre coincidente con el valor 0.014 de conductos de hormigón (Facorro Ruiz, 1964, p.251).

Dado que los caudales a evacuar son conocidos (tabla V.6), si las alcantarillas relevadas no verifican se reemplazan por diámetros mayores calculados por iteración.

En los casos en que las cañerías no verifiquen las tapadas mínimas debajo de los caminos, se determina reducir el diámetro del tubo e incrementar el número de alcantarillas paralelas.

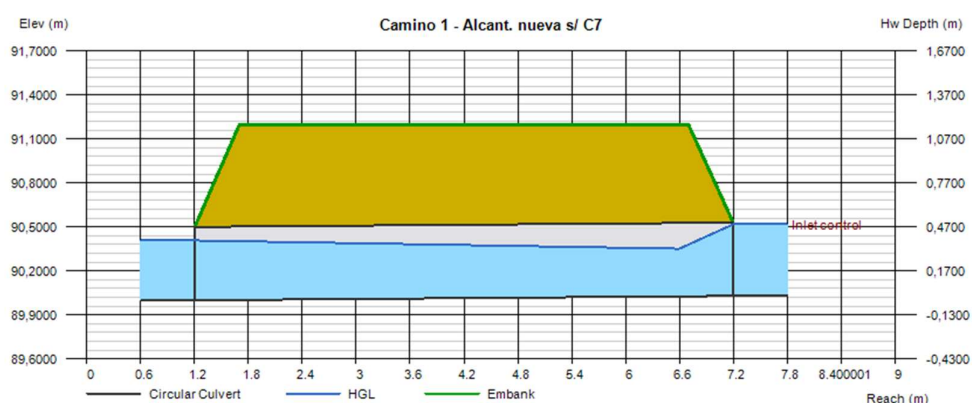


Figura V.9: Sección longitudinal de alcantarilla en int. Camino 1 y Camino 7. Fuente: elaboración propia, 2019.

	PROGRESIVA	UBICACIÓN	n - Ø	CONDICIÓN	COTA DE DESAGÜE	OBSERVACIONES
C1	0+650	Transversal	1 x Ø 80	Existente Ø 50	96,30	Demoler y colocar nueva
	0+660	Transversal	1 x Ø 80	Existente Ø 50	96,33	Demoler y colocar nueva
	0+750	Transversal	1 x Ø 60	Nueva	96,43	Excavar y colocar nueva.
	1+054	LI	1 x Ø 50	Existente Ø 50	96,84	Reubicar en cota de proyecto
	1+175	LI	1 x Ø 50	Existente Ø 50	96,90	Reubicar en cota de proyecto
	1+320	LI	1 x Ø 50	Existente Ø 50	96,49	Reubicar en cota de proyecto
		Transversal	1 x Ø 50	Existente Ø 50	96,34	Reubicar en cota de proyecto
	1+445	LD	2 x Ø 40	Nueva	96,34	Excavar y colocar nueva.
		LI	1 x Ø 60	Existente Ø 50	96,21	Demoler y colocar nueva
	1+540	LD	1 x Ø 60	Existente Ø 60	96,21	Reubicar en cota de proyecto
		Transversal	1 x Ø 60	Nueva	96,08	Excavar y colocar nueva.
	1+700	LD	1 x Ø 80	Existente Ø 60	95,89	Demoler y colocar nueva
	1+722	Transversal	1 x Ø 80	Existente Ø 60	95,86	Demoler y colocar nueva
1+875	LD	1 x Ø 50	Existente Ø 50	96,14	Reubicar en cota de proyecto	
1+925	LD	1 x Ø 50	Existente Ø50	96,23	Reubicar en cota de proyecto	
C2	0+260	LD/LI	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,85	Reubicar en cota de proyecto
	0+383	LD/LI	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,50	Reubicar en cota de proyecto

CONTINÚA...

PROGRESIVA	UBICACIÓN	n - Ø	CONDICIÓN	COTA DE DESAGÜE	OBSERVACIONES	
C5	0+005	Transversal	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,80	Reubicar en cota de proyecto
	0+125	LD	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,75	Reubicar en cota de proyecto
	0+275	LD/LI	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,70	Reubicar en cota de proyecto
C6	0+175	Transversal	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,61	Reubicar en cota de proyecto
	0+183	Transversal	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,58	Reubicar en cota de proyecto
C7	0+145	LD	1 x Ø 30	Alcant. Existente	96,94	Reubicar en cota de proyecto
C10	0+050	LD	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,68	Reubicar en cota de proyecto
	0+212	LD/LI	1 x Ø 40	Alcant. Existente	96,60	Reubicar en cota de proyecto
C11	0+000	LD	1 x Ø 50	Alcant. Existente	96,50	Reubicar en cota de proyecto
C12	0+330	LI	1 x Ø 60	Alcant. Existente	96,70	Reubicar en cota de proyecto
C13	0+265	LD	1 x Ø 50	Alcant. Existente	---	Reubicar en cota de proyecto

Tabla V.9: Dimensionamiento de alcantarillas. Fuente: elaboración propia, 2019.

V.4.3.3 Dimensionado de albañales.

Esta resolución surge por la necesidad de evacuar aguas que podrían estancarse en sectores planos dentro del casco principal de la E.E.A. donde no se podría llegar a una cota de desagüe aceptable para la utilización de alcantarillas de hormigón.

Se propone realizar estas canalizaciones de hormigón armado transversales al camino, y cubiertas en la parte superior por rejas de acero soldado removibles para permitir la circulación de los vehículos (que en este sector son solo livianos) y su eventual limpieza y desembanque.

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Rectangular
	Btm Width (m)	0.6000
	Side Slope, z:1 =	-0-
	Tot Depth (m) =	0.3000
	Inv Elev(m) =	90.0000
	Slope (%) =	0.1000
	n-value =	0.014
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0980

Clear Run

Figura V.10: Parámetros de diseño de albañales. Fuente: elaboración propia, 2019.

Los parámetros considerados son: *tipo de sección (Section Type)*, *ancho de solera (Btm Width)*, *altura total (Total depth)*, *Elevación del fondo del desagüe (Inv Elev)*, *pendiente longitudinal (Slope)*, y *el coeficiente de Manning n*, también coincidente con el valor 0.014 del hormigón (Facorro Ruiz, 1964, p.251).

Dado que los caudales son conocidos se determinan las dimensiones óptimas mediante iteración.

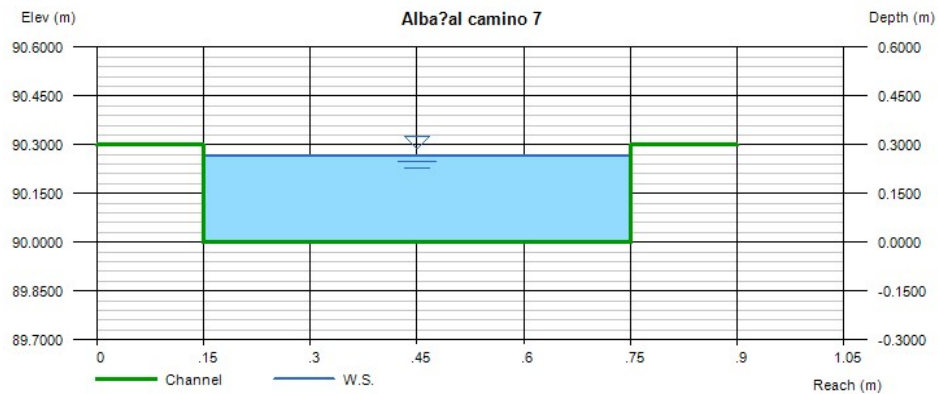


Figura V.11: Sección transversal de albañal en Camino 7. Fuente: elaboración propia, 2019.

	PROGRESIVA	LADO	ANCHO SOLERA	PROFUNDIDAD	PENDIENTE LONG. (%)	COTA DE DESAGÜE
C7	0+220	Transversal	60	30		
	0+280	Transversal	70	35		
	0+320	Transversal	60	30		

Tabla V.10: Dimensionamiento de albañales. Fuente: elaboración propia, 2019.

Las tablas V.8, V.9 y V.10 exponen los valores y características resultantes para los desagües y las obras de arte diseñados. Las dimensiones, cotas de desagüe y pendientes se representan en las planialtimetrías anexas.

CAPÍTULO VI

DIMENSIONAMIENTO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

VI.1 INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo comprende el cálculo del paquete estructural previsto para el proyecto de reacondicionamiento de los caminos.

Debido a la ubicación de la E.E.A., el INTA se vio afectado por la expropiación de terrenos para la construcción de un tramo de la Variante Rafaela de la Autopista RN 34. En efecto, se presenta la posibilidad de reconstruir sus caminos internos mediante una ampliación de la obra mencionada, a modo de resarcimiento económico.

En caso que esta situación prosperara, por cuestiones contractuales la obra de reconstrucción debería ser resuelta conforme a ítems establecidos dentro del proyecto de construcción de la Autopista RN 34.

No obstante, sabiendo de la dificultad de que esta ampliación de obra prospere, se propone otra metodología constructiva que se considera más adecuada a las condiciones del presente proyecto de los caminos de INTA.

En consecuencia se desarrollan dos verificaciones estructurales por medio del método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) utilizando su versión del año 1993, para pavimentos flexibles.

VI.2 DISEÑO EMPÍRICO - EXPERIMENTAL AASHTO 93.

Generalmente, un pavimento flexible está conformado por: una capa de sub-rasante, preparada y compactada a una densidad específica, una capa de sub-base que puede ser omitida dependiendo de la calidad de la sub-rasante, una capa de base que se coloca sobre la sub-base, o sobre la sub-rasante.

Sobre la base, se conforma la carpeta asfáltica que consiste de una mezcla de material bituminoso y agregados.

El AASHTO es un método de regresión basado en resultados empíricos de la carretera de prueba AASHTO construida en los años 50.

VI.2.1 Procedimiento de diseño.

El método AASHTO 1993 utiliza el número estructural SN para cuantificar la resistencia que el pavimento requiere ante determinada capacidad de soporte del suelo, tránsito esperado y pérdida de serviciabilidad.

Con la ecuación de diseño empírica se obtiene el SN requerido por el proyecto:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07 \quad (VI.1)$$

Donde:

SN: número estructural requerido por la sección de carretera.

W₁₈: Número estimado de ejes simples equivalentes de 80 kN (18000 lb) u 8.2 toneladas, en el período de diseño.

Z_R: desviación estándar normal (depende de la confiabilidad de diseño R).

S₀: error estándar por efecto y comportamiento del tránsito.

ΔPSI: variación del índice de serviciabilidad.

MR: módulo resiliente de la sub-rasante, medido en psi.

El número estructural requerido por el proyecto, SN, se convierte en espesores de carpeta asfáltica, base y sub base, mediante coeficientes que representan la resistencia relativa de los materiales de cada capa. La ecuación de diseño es la siguiente:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \quad (VI.2)$$

Donde:

a_i: coeficiente de la capa *i* [1/pulg.]

D_i: espesor de la capa *i* [pulg.]

m_i: coeficiente de drenaje de la capa *i* [adimensional]

Los subíndices 1, 2 y 3 se refieren a las capas de carpeta asfáltica, base y sub base (si se aplica) respectivamente.

Los coeficientes de capa dependen del módulo resiliente del suelo (MR), y se determinan empleando los conceptos esfuerzo-deformación de un sistema multicapa.

VI.2.1.1 Relevamiento de tránsito – E.E.A. INTA Rafaela.

El relevamiento de tránsito vehicular fue facilitado por personal del INTA, basándose en los registros diarios de la propia institución.

Cabe destacar que no se realiza un estudio de tránsito exhaustivo en distintos tramos. Debido al bajo flujo vehicular se opta por considerar la totalidad de los vehículos en todo el tramo de obra.

TRANSITO MENSUAL	VEHÍCULO	PESO EN TN	MATERIAL
60	camión	40	leche
1	camión	40	algodón
1	camión	40	expeler de girasol
1	camión	40	broza
1	camión	40	harina de soja
2	camión	40	maíz molido
20	camión	40	silo
1	camión	20	varios
2	camión	20	materiales de albañilería
60	colectivo	10	personal
2	carretón	12	rollos
180	tractor	3	movimientos internos
3	especiales	10	para eventos
1	camión	40	tierra
3000	autos / camionetas	2	vehículos institucionales y particulares

Tabla VI.1: Relevamiento de tránsito E.E.A. INTA – Rafaela. Fuente: personal de INTA, 2019.

VI.2.1.2 Determinación de ejes equivalentes (W_{18}).

Los pavimentos se proyectan para que resistan un determinado número de ejes durante su vida útil.

El tránsito, está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes; a los efectos de cálculo, se los transforma en un número equivalente de ejes tipo de 80 kN u 8.2 toneladas (ESALs).

Para convertir las distintas configuraciones de carga existentes a ejes de 8.2 Tn, se utilizan los factores equivalentes de carga. Estos son valores que expresan la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una carga dada de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 KN en el mismo eje.

La tasa de crecimiento utilizada es propuesta por los autores debido a la dificultad de obtener dicho valor a través de métodos tradicionales como censos y/o estimaciones probabilísticas.

a) Tránsito actual.

Considerando los datos de tránsito facilitados por personal de la estación experimental, el TMDA 2019 alcanza los 160 vehículos diarios, con la configuración indicada en la siguiente Tabla.

Vehículo	TMDA [veh/día]	Porcentaje
Autos y Camionetas	149	93,125%
Ómnibus	5	3,125%
Camiones c/acoplado	6	3,75%
Total	160	100,00%

Tabla VI.2: TMDA inicial considerado para proyecto. Fuente: elaboración propia, 2019.

b) Tránsito Inicial.

La habilitación del camino se supone para el año 2021, considerando un Tránsito Medio Diario Anual inicial de 170 veh./día adoptándose un crecimiento del 3,2 % y similar composición vehicular.

De esta manera para el año de habilitación se obtienen los siguientes valores:

Vehículo	TMDA [veh/día]	Porcentaje
Autos y Camionetas	157	93,125%
Ómnibus	6	3,125%
Camiones c/acoplado	7	3,75%
Total	170	100,00%

Tabla VI.3: TMDA y composición al año de habilitación - 2021. Fuente: elaboración propia, 2019.

c) Tasas de crecimiento.

Se efectúan proyecciones para determinar el número de ejes equivalentes de 18.000 lbs (W_{18}), considerando las tasas de crecimiento propuesta.

Puesto que el período de diseño adoptado es de 15 años, se estima la tasa de crecimiento para dicho lapso de tiempo.

d) Factor Destructivo.

De acuerdo a la metodología utilizada por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), se determina el factor global ESALs/Vh para ejes equivalentes de 10 Tn que, posteriormente, se convierte a Ejes de 8,2 Tn. (Factor de conversión: 2,2).

En base a las tasas de crecimiento, se determina un factor destructivo para un lapso de 15 años (2021-2036), de acuerdo a la composición del tránsito en el último año del período.

TIPO DE VEHÍCULO	Esquema y ejes	Método desagregado por esquema de ejes		
		Factor C	Porcentaje por tipo de veh.	ESALs/veh
		(2)	(3)	(2)*(3)/100
Autos y camionetas	1-1	0,02	93,125	0,019
Colectivos	1-1	0,14	3,125	0,004
Camiones sin acoplados	1-1	1,2	0,000	0,000
	1-2	1,14	0,000	0,000
Camiones con acoplados	11-11	2,4	0,000	0,000
	11-12	1,95	3,750	0,073
	12-11	2,35	0,000	0,000
	12-12	1,92	0,000	0,000
Semi-remolques	111	1,62	0,000	0,000
	112	1,8	0,000	0,000
	113	2,05	0,000	0,000
	122	1,75	0,000	0,000
	123	1,92	0,000	0,000
			100	0,096

Tabla VI.4: Factor destructivo período 2021-2036. Fuente: elaboración propia, 2019.

e) Nº de Ejes Equivalentes

En Tabla VI.5, se presenta el cálculo de ejes equivalentes, utilizando la ecuación:

$$ESALs = 365 \times LD \times DD \times \left[\sum Fdest * Fcon * TMDA_i \right] \quad (VI.3)$$

Donde:

LD = Factor de distribución por trocha para camiones (en tanto por uno).

DD = Factor de distribución direccional para camiones (en tanto por uno).

Fdest. = Factor Global ESALs/Vh [10 ton].

Fcon. = Factor de conversión de Factor Global ESALs/Vh [10 ton] a Factor Global ESALs/Vh [8,2 ton].

ESALs = Ejes equivalentes para el tránsito del año considerado.

ESALs acum. = Ejes equivalentes acumulados.

Año N°	Año	TMDA	LD	DD	Fdest	Fcon	ESALs	ESALs acum.
1	2021	170	1	0,5	0,096	2,2	6.552	6552
2	2022	176	1	0,5	0,096	2,2	6.784	13336
3	2023	182	1	0,5	0,096	2,2	7.015	20351
4	2024	188	1	0,5	0,096	2,2	7.246	27597
5	2025	194	1	0,5	0,096	2,2	7.478	35075
6	2026	200	1	0,5	0,096	2,2	7.709	42784
7	2027	206	1	0,5	0,096	2,2	7.940	50724
8	2028	212	1	0,5	0,096	2,2	8.171	58895
9	2029	218	1	0,5	0,096	2,2	8.403	67298
10	2030	224	1	0,5	0,096	2,2	8.634	75932
11	2031	230	1	0,5	0,096	2,2	8.865	84797
12	2032	236	1	0,5	0,096	2,2	9.096	93893
13	2033	242	1	0,5	0,096	2,2	9.328	103221
14	2034	248	1	0,5	0,096	2,2	9.559	112780
15	2035	254	1	0,5	0,096	2,2	9.790	122570

Tabla VI.5: Ejes equivalentes período 2021-2034. Fuente: elaboración propia, 2019.

De acuerdo a lo expuesto se fija el siguiente Número de Ejes equivalentes para el diseño estructural de los caminos internos: **W18= 1,226 E05**

VI.2.1.3 Análisis de diseño de pavimento.

a) Determinación del Módulo de Resiliencia (Mr).

Para la determinación del Módulo de Resiliencia, se han considerado los estudios de suelos realizados por el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional, F.R.Ra. descriptos en la sección IV.2.2.4 del presente informe.

Punto N°	C.B.R. (%)
1	5,00
2	8,00
3	8,00

Tabla VI.6: Valores de C.B.R. a través de ensayo D.C.P. Fuente: Lab. Ing. Civil UTN FRRa, 2019.

A partir de estos valores, se determina el valor soporte relativo de cálculo que, para la presente verificación se considera **5**. Se decide trabajar con este valor, ya que es la condición más desfavorable de los puntos ensayados.

El módulo de resiliencia de la subrasante se obtiene según la ecuación de equivalencia:

$$M_r \text{ (psi)} = 1500 \times CBR = 1500 \times 5 = 7500 \text{ psi} \quad \text{(VI.4)}$$

VI.2.1.4 Cálculo del número estructural requerido.

El diseño de la carretera depende del tránsito esperado durante la vida de servicio y la confiabilidad en el comportamiento. Luego de caracterizar el suelo de la sub-rasante y seleccionar los valores de confiabilidad (R), para el error estándar So y ESAL estimado, se puede determinar el valor del número estructural, SN, usando el nomograma de diseño figura VI.4 ó la ecuación VI.1.

A continuación se detallan los parámetros de diseño y recomendaciones de AASHTO.

a) Período de Diseño

El período de diseño se refiere al tiempo desde que la estructura de pavimento entra en servicio hasta antes que necesite algún trabajo de rehabilitación.

Condiciones de rutas	Período de Análisis
Vías urbanas con alto volumen	30-50
Vías rurales con alto volumen	20-50
Pavimentadas con bajo volumen	15-25
Superficie granular con bajo volumen	10-20

Tabla VI.7: Períodos típicos de diseño. Fuente: elaboración propia, 2019.

b) Tránsito

El diseño considera el número de ejes equivalentes (ESALs) para el período de análisis (W18) en el carril de diseño. A partir de conteos vehiculares y conversión a ejes equivalentes, se deberá afectar el ESAL en ambas direcciones por factores direccionales y de carril (si son más de dos), aplicando la siguiente ecuación:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W^{18} \quad (VI.5)$$

Donde:

D_D: factor de distribución direccional.

D_L: factor de distribución por carril.

W¹⁸: tránsito total en ambas direcciones para el período de diseño.

El factor de distribución direccional DD generalmente es 0,5 (50%) para la mayoría de los caminos; sin embargo, este puede variar de 0,3 a 0,7 dependiendo de la incidencia del tránsito en una dirección. Se adopta el factor de distribución direccional igual a 0,5.

Los factores de distribución por carril, DL, recomendados por AASHTO se muestran en la tabla VI.8:

Nº de carriles en una dirección	%ESAL en carril diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Tabla VI.8: Factor de distribución por carril D_L. Fuente: elaboración propia, 2019.

Se adopta el valor 100% en el factor de distribución por carril.

c) Factor de confiabilidad, R

Es una medida que incorpora algún grado de certeza en el proceso de diseño para asegurar que los diferentes parámetros alcancen el período de análisis. La tabla VI.9 presenta los niveles recomendados de confiabilidad para diferentes clasificaciones funcionales.

Clasificación Funcional.	Nivel recomendado de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectores	80 - 95	75 - 95
Local	50 - 80	50 - 80

Tabla VI.9: Niveles sugeridos de confiabilidad, R. Fuente: elaboración propia, 2019.

Se adopta el valor R=75%.

d) Desviación Estándar Normal (ZR).

La desviación estándar normal está en función de la confiabilidad del proyecto, R. En la tabla VI.10 se muestran los valores de desviación estándar correspondiente a diferentes niveles de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación Estándar Normal, ZR
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Tabla VI.10: Desviación estándar, Z_R. Fuente: elaboración propia, 2019.

e) Efectos medioambientales.

El medio ambiente puede afectar el comportamiento del pavimento de diferentes maneras.

Las variaciones térmicas y la humedad, afectan la resistencia, durabilidad y capacidad de transporte de carga. Otro impacto medioambiental importante es el efecto directo del congelamiento, deshielo y desintegración en la sub-rasante.

f) Pérdida de serviciabilidad.

La serviciabilidad se define como la calidad de servicio del pavimento. La primera medida de la serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente, PSI, que varía de 0 (carretera imposibles de transitar) a 5 (carretera perfecta). El PSI se obtiene midiendo la rugosidad y daño (agrietamiento, parchado y deformación permanente) en un tiempo en particular durante la vida de servicio del pavimento. La rugosidad es el factor dominante para estimar el PSI del pavimento.

La guía AASHTO 93 usa la variación total del índice de serviciabilidad (ΔPSI) como criterio de diseño, que se define como:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \quad (VI.6)$$

Donde:

p_0 : índice de serviciabilidad inicial

p_t : índice de serviciabilidad final, es el más bajo índice tolerable antes de la rehabilitación.

g) Módulo resiliente efectivo del suelo.

Las propiedades mecánicas del suelo de la sub-rasante se caracterizan en AASHTO 93 por el módulo resiliente, MR.

El módulo resiliente mide las propiedades elásticas reconociendo sus características no lineales. Éste, se correlaciona con el CBR, mediante la siguiente ecuación:

$$MR [\text{psi}] = 1500 \times \text{CBR} \quad (VI.7 a)$$

$$MR [\text{kPa}] = 10342 \times \text{CBR} \quad (VI.7 b)$$

Esta ecuación es razonable para suelos de gradación fina con CBR menores que 10%.

VI.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

El número estructural requerido se convierte a espesores de concreto asfáltico, base y sub base, por medio de coeficientes de capa y utilizando la ecuación VI.2.

VI.3.1 Coeficientes de capa a_i .

Se asigna un coeficiente de capa a cada material de la estructura de pavimento. El mismo expresa una relación empírica entre el número estructural SN, y su espesor.

- a) Carpeta asfáltica.- La figura VI.1 muestra la carta sugerida por AASHTO 93, para definir el coeficiente estructural de concreto asfáltico de granulometría densa basado en su módulo elástico (EAC) a 68°F. Este módulo elástico es el Módulo Dinámico Complejo, E^* , obtenido de ensayos cíclicos (AASHTO, 1993).

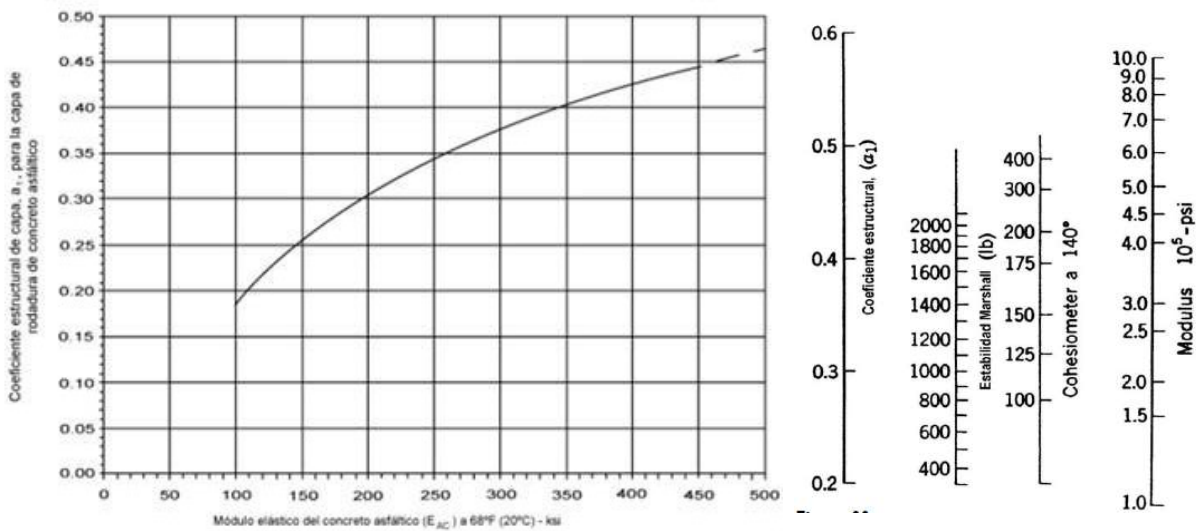
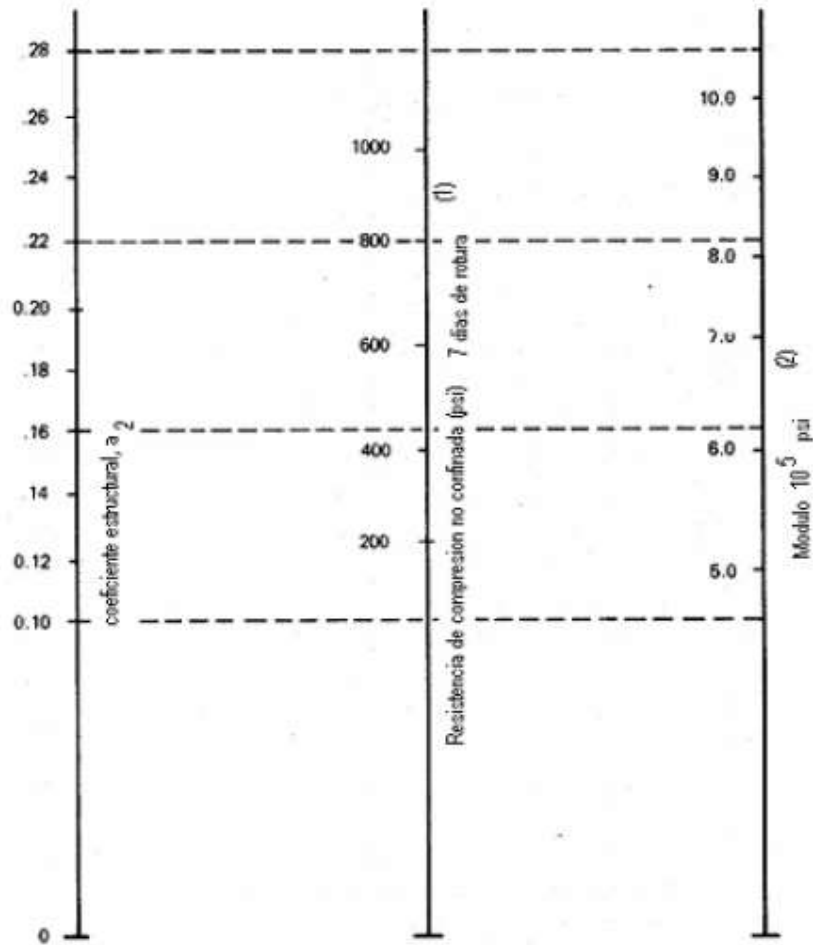


Figura VI.1: Nomogramas para estimación de coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico. Fuente: AASHTO, 1993.

b) Base.- La figura VI.2 muestra las cartas utilizadas para definir el coeficiente estructural a_2 , de base tratada con cemento (AASHTO, 1993).



(1) Escala derivada de correlaciones obtenidas en Illinois, Louisiana y Texas
 (2) Escala derivada de proyectos de la NCHRP (3)

Figura VI.2: Variación de coeficiente de capa para base estabilizada con cemento.
 Fuente: AASHTO, 1993.

- c) Sub base granular.- La figura VI.3 muestra la carta que puede ser usada para calcular el coeficiente de capa, a_3 , para una sub base granular a partir cuatro diferentes ensayos de laboratorio (AASHTO, 1993).

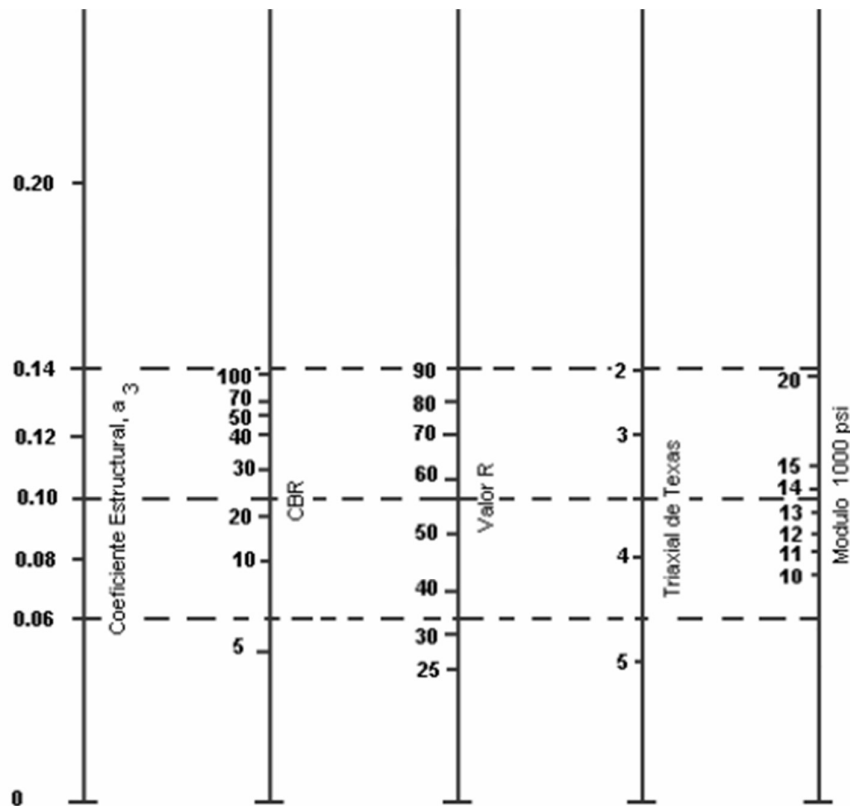


Figura VI.3: Variación de coeficiente de capa de sub-base granular.
Fuente: AASHTO, 1993.

Debido a que los nomogramas provistos por ASSHTO se encuentran graficados tomando la unidad de pulgada como base, los coeficientes de aporte ($pulg^{-1}$) deben ser convertidos a cm^{-1} con el fin de adaptarlos a las unidades utilizadas para el proyecto.

Se expresa:

$$a_x(cm^{-1}) = \frac{a_x(pulg^{-1})}{2,54} \quad (VI.8)$$

Del mismo modo también debe realizarse conversión de unidades para determinar la resistencia a compresión simple (RCS) en el caso de suelos cementados.

$$RCS \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{RCS (psi)}{14,22} \quad (VI.9)$$

VI.3.2 Coeficientes de drenaje.

El método AASHTO asume que la resistencia de la sub-rasante y base permanecerá constante durante la vida de servicio del pavimento. Para que esto sea cierto, la estructura de pavimento debe tener drenaje apropiado. La calidad de drenaje se incorpora al diseño, modificando los coeficientes de capa. El factor que modifica el coeficiente de capa se representa por **mi**. El posible efecto del drenaje en el concreto asfáltico no se considera. La tabla VI.11 presenta las definiciones generales correspondientes a los diferentes niveles de drenaje.

Calidad de drenaje	Retiro de agua dentro de:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Tabla VI.11: Coeficientes de drenaje. Fuente: AASHTO, 1993.

La tabla VI.12 muestra los coeficientes recomendados dependiendo de la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento podría estar expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Calidad de drenaje.	% de tiempo en que la estructura del pavimento es expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos que 1%	1-5%	5-25%	Mayor que 25%
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Muy pobre	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Tabla VI.12: Coeficientes de drenaje recomendados, mi. Fuente: AASHTO, 1993.

VI.3.3 Espesores mínimos recomendados.

La guía AASHTO recomienda los siguientes espesores en función del tránsito:

ESAL	Concreto Asfáltico (pulg.)	Base Granular (pulg.)
>50.000	1,0 (o trat. Superficial)	4
50.001 – 150.000	2,0	4
150.001 – 500.000	3,0	4
500.001 – 2.000.000	3,5	6
2.000.001 – 7.000.000	4,0	6
>7.000.000	4,0	6

Tabla VI.13: Espesores mínimos recomendados ASSHTO 93. Fuente: AASHTO, 1993.

VI.4 CÁLCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL.

Los parámetros de diseño considerados para la solución del pavimento son:

- Período de diseño: $n = 15$ años
- ESAL de diseño: $W18 = 1,226 \times 10^5$
- $PSI_o = 4.0$
- $PSI_f = 2.0$
- Confiabilidad: $R = 75\%$ (de tabla VI.9)
- Desviación Estándar Normal: $Z_R = -0,674$ (tabla VI.10)
- Error Estándar: $S_o = 0.45$ (AASHTO 1993 recomienda valores entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles)

VI.4.1 Estimación del número estructural.

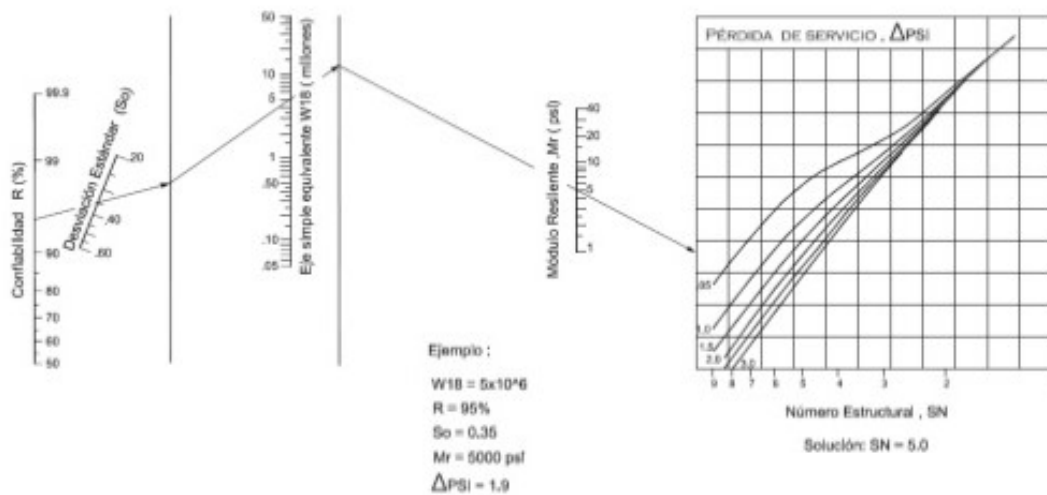


Figura VI.4: Carta de diseño para pavimentos flexibles basado en el uso de las variables de entrada. Fuente: AASHTO, 1993.

Según el nomograma de la imagen VI.4 se tiene: $SN_{aprox} = 2,30$.

Este valor debe ser ajustado mediante iteraciones. Aplicando la ecuación VI.1 se obtiene que:

$$SN_{requerido} = 2,20.$$

VI.4.2 Verificación de las propuestas.

Una vez obtenido el *número estructural* (SN) requerido por el pavimento, se pueden plantear las diferentes alternativas que existen para la construcción del camino.

Como se mencionara en la sección VI.1, se proponen dos alternativas:

- a) Remoción de la carpeta existente. Elaboración de capas de suelo estabilizado con cal para sub-base y cemento para base, sumados a la construcción de una carpeta de rodamiento de concreto asfáltico, conforme al proyecto de obra en Autopista RN 34. (Fuente: empresa contratista, 2018).
- b) Reciclado en frío de la estructura existente con incorporación de cemento y construcción de una nueva carpeta de concreto asfáltico.

VI.4.2.1 Propuesta 1.

Las condiciones de drenaje asumidas para el proyecto son buenas y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación son 1-5% y 5-25% para las capas de base granular y sub base granular, respectivamente. Por ello, de la tabla VI.12 se tiene:

Drenaje de base granular	$m_2=1,00$
Drenaje de sub-base granular	$m_3=1,00$

Según las características predeterminadas para cada una de las capas se conforma la siguiente tabla:

Carpeta asfáltica.	$E^*= 100000$ psi	$a_1 = 0,17$ cm ⁻¹ (imagen VI.1)
Base de suelo estabilizado con cemento.	R.C.S.= 20 kg/cm ²	$a_2 = 0,056$ cm ⁻¹ (imagen VI.2) MR = 550000 psi
Sub base de suelo estabilizado con cal.	CBR=8%	$a_3 = 0,031$ cm ⁻¹ (imagen VI.3) MR = 12000 psi
Subrasante existente	CBR=5%	MR = 7500 psi

Tabla VI.14: Características de capas (propuesta 1). Fuente: elaboración propia, 2019.

El dimensionamiento de capas comienza determinando el número estructural (SN) de la capa superior, en este caso carpeta asfáltica.

Para ello, debe calcularse con la ecuación VI.1 según los valores especificados en el punto VI.4 y utilizando el módulo resiliente (MR) de la capa inmediata inferior, para la presente se trata de una capa de suelo estabilizado con cemento, de módulo estimado en 550.000 psi.

De dicho cálculo se obtiene que **SN₁ = 0,278**

El valor SN de la capa asfáltica permite obtener su espesor según:

$$SN_1 = a_1 D_1 \quad (VI.10)$$

Dónde: SN₁= Número estructural requerido para la capa 1.

a_1 = Coef. de aporte de la capa de conc. asfáltico (cm⁻¹).

D_1 = Espesor de la capa de conc. asfáltico (cm).

Expresado de otra manera se refiere que:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad (VI.11)$$

Según los valores detallados en tabla VI.14, se obtiene que D_1 será:

$$D_1 = 1,63 \text{ cm}$$

Según la tabla VI.13 los espesores mínimos recomendados, para el tránsito son:

$$D_1 = 5 \text{ cm. (Espesor de carpeta asfáltica)}$$

De este modo se adopta espesor **D₁ = 5 cm.**

Reemplazando el valor de espesor adoptado, en la ecuación VI.10 resulta:

$$SN_1 = 0,85$$

Para la estimación de las capas subyacentes, comenzando por la base con incorporación de cemento, se procede de modo similar incorporando a la sumatoria el SN definido por la capa superior.

Se ingresa en la ecuación VI.1 el módulo resiliente de la capa subyacente, en este caso 12.000 psi, según tabla VI.14

Obteniendo **SN₂ = 1,195**

$$SN_2 = SN_1 + a_2 D_2 m_2 \quad \text{(VI.12)}$$

$$D_2 \geq \frac{(SN_2 - SN_1)}{a_2 m_2} \quad \text{(VI.13)}$$

Según los valores detallados en tabla VI.14

$$D_2 = 6,16 \text{ cm}$$

Según la tabla VI.13 el espesor mínimo recomendado, para capa de base es:

$$D_2 = 15 \text{ cm. Espesor de base cementada}$$

De este modo se adopta espesor $D_2 = 15 \text{ cm}$.

Por lo tanto, su aporte al número estructural resulta:

$$SN_2 = 0,056 \text{ cm}^{-1} \times 15 \text{ cm}$$

$$SN_2 = 0,84$$

Por último, se calcula el espesor de la capa de subbase según la propuesta N°1.

En este caso el valor será coincidente con el valor $SN_{\text{requerido}} = 2,2$ calculado en la sección VI.4.1.

Por ello:

$$SN_3 = SN_1 + SN_2 + a_3 D_3 m_3 \quad \text{(VI.14)}$$

$$D_3 \geq \frac{(SN_3 - SN_1 - SN_2)}{a_3 m_3} \quad \text{(VI.15)}$$

Según los valores detallados en tabla VI.14

$$D_3 = 18,8 \text{ cm}$$

En este caso es superado el valor mínimo requerido para este tipo de capas, por lo tanto se adopta: **D₃=20 cm**.

Por lo tanto, su aporte al número estructural resulta:

$$SN_3 = 0,027 \text{ cm}^{-1} \times 20 \text{ cm}$$

$$SN_3 = 0,54$$

A modo de resumen puede presentarse la siguiente tabla, donde se expresa los valores de aporte estructural de cada una de las capas.

Capa	Espesor (cm)	Coefficiente de Aporte (cm ⁻¹)	Coefficiente de drenaje	Aporte Nro. Estructural
Carpeta de concreto asfáltico.	5	0.17	-	0.85
Base de suelo estabilizado con cemento.	15	0.056	1.0	0.84
Sub-base de suelo estabilizado con cal.	20	0.027	1.0	0.54
Número Estructural de propuesta 1				2.23

Tabla VI.15: Determinación de número estructural de proyecto (Propuesta 1).

Fuente: elaboración propia, 2019.

Se observa que el número estructural del paquete estructural propuesto es superior al estimado en la sección VI.4.1, por lo tanto la propuesta es satisfactoria.

VI.4.2.2 Propuesta 2.

Debido a la resolución constructiva de la propuesta 2, resulta aplicable el método por espesores mínimos para el cálculo estructural.

Del cálculo realizado en la propuesta 1 se sabe que el espesor de la carpeta asfáltica a construir será de 5 cm, por la utilización del espesor mínimo recomendado. Por ello, solo resta definir si el espesor de la capa a reciclar puede definirse dentro de 25 cm. existentes que conforman la capa de concreto asfáltico y la capa de base de valor soporte (CBR) de aproximadamente 10%.

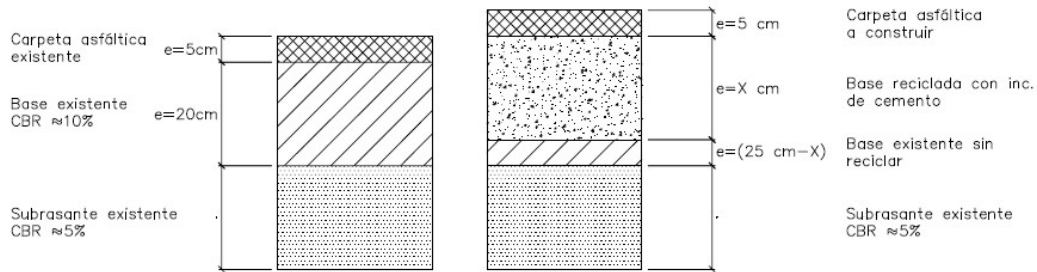


Figura VI.5: Espesores de capas existentes y capas a construir. Fuente: adaptada de Manual de Reciclado Wirtgen, 2016.

Para determinar el espesor de la capa a reciclar se debe determinar el valor de “X” según la ecuación VI.2. Dicho valor indica qué profundidad debe tratarse y en consecuencia, qué espesor de la base existente quedaría sin reciclar.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 X m_2 + a_3 (25 - X) m_3$$

Las condiciones de drenaje asumidas son de iguales características a las de la propuesta 1, por ello queda determinado:

Drenaje de base reciclada con incorporación de cemento $m_2=1,00$

Carpeta asfáltica:	$E^*= 100.000 \text{ psi}$	$a_1 = 0,17 \text{ cm}^{-1}$ (imagen VI.1)
Base de pavimento reciclado con inc. de cto.	$R.C.S.= 20 \text{ kg/cm}^2$	$a_2 = 0,056 \text{ cm}^{-1}$ (imagen VI.2) $MR = 550.000 \text{ psi}$
Base existente sin reciclar	$CBR = 10\%$	$a_3= 0,027 \text{ cm}^{-1}$ (imagen VI.3) $MR = 12.000 \text{ psi}$
Subrasante existente	$CBR=5\%$	$MR = 7.500 \text{ psi}$

Tabla VI.16: Características de capas (Propuesta 2). Fuente: elaboración propia, 2019.

Según la tabla VI.13 los espesores mínimos recomendados, para el tránsito son:

$D_1 = 5 \text{ cm}$. Espesor de carpeta asfáltica.

$D_2 = 15 \text{ cm}$. Espesor de base cementada.

Reemplazando estos valores en la ecuación VI.2:

$$2,2 = 0,17 \times 5,00 + 0,056 \times X \times 1,00 + 0,027(25 - X) \times 1,00$$

$$X = 23,3 \text{ cm}$$

$D_{2 \text{ adoptado}} = 25,00 \text{ cm}$ espesor base reciclada.

$D_{3 \text{ adoptado}} = 0,00 \text{ cm}$ espesor de base sin reciclar.

Resumiendo, puede presentarse la siguiente tabla, donde se expresa los valores de aporte estructural de cada una de las capas.

Capa	Espesor (cm)	Coefficiente de Aporte (cm ⁻¹)	Coefficiente de drenaje	Aporte Nro. Estructural
Carpeta de concreto asfáltico.	5	0.17	-	0.85
Base de pavimento reciclado con incorporación de cemento.	25	0.056	1.0	1.40
Número Estructural de propuesta 2				2.25

Tabla VI.17: Determinación de número estructural de proyecto (Propuesta 2). Fuente: elaboración propia, 2019.

Se observa que el número estructural del paquete estructural propuesto es superior al estimado en la sección VI.4.1, por lo tanto la propuesta es satisfactoria.

VI.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En esta instancia puede afirmarse que ambas propuestas satisfacen los requerimientos estructurales del proyecto. En consecuencia, cualquier opción cumplirá satisfactoriamente con la duración de la vida útil de la obra.

En primer lugar se puede destacar que los tiempos de construcción de la propuesta 1 serían considerablemente mayores que la propuesta 2. La ejecución de una primera capa de suelo existente estabilizado con cal, requiere del retiro previo de la carpeta asfáltica por medio de fresado. Luego, se aporta la totalidad del volumen de suelo necesario para la realización de la capa estabilizada cemento.

El reciclado es una actividad de alta producción, que con el personal y la maquinaria adecuada permite la ejecución alrededor de 1000 m³ de capa por día; disminuyendo sustancialmente el tiempo de obra respecto del método antes mencionado.

Por último, la diferencia más notoria radica en el gran volumen de suelo que debería aportarse para la construcción de la capa base y su posterior recalce de banquetas. Esto determina un alteo importante de todos los caminos, aunque por los desagües proyectados en capítulos anteriores no sería estrictamente necesario desde el punto de vista hidráulico.

A raíz de este análisis queda en evidencia que la propuesta número 2 es superadora respecto de la número 1.

Realizar trabajos de fresado, y la construcción de las dos capas granulares más la nueva carpeta asfáltica solo sería justificable en caso de prosperar las gestiones para acceder a la inclusión del proyecto dentro de la ampliación de obra de la Autopista RN 34.

CAPÍTULO VII

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

VII.1 METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

VII.1.1 Alcance.

En adelante se detallarán las consideraciones que deben tomarse como parámetros para la correcta práctica constructiva de la obra.

De acuerdo a las soluciones propuestas para la reestructuración de los caminos en el capítulo anterior, se utilizará el *Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares de la obra del Corredor Vial N°4 O.NU. 1.1*, si se resuelve la construcción como ampliación de la mencionada obra.

De lo contrario, las especificaciones que se determinan a continuación tendrán alcance para todos los trabajos relacionados con la preparación del sector a intervenir, la construcción y las condiciones de aprobación. Teniendo incumbencia respecto a la obra básica, las obras de arte y las complementarias al proyecto. También, lo serán para la selección y provisión de materiales, utilización y estados de los equipos viales, entre otros.

La elaboración de esta sección resulta indispensable para evitar posibles errores que reparen en malas prácticas constructivas; al tiempo que oficiaría como manual de control para el representante que disponga INTA Rafaela durante la ejecución de la obra.

Excepcionalmente, las consideraciones que no puedan determinarse con el uso del presente informe o que no se encuentren aquí detalladas, tendrán como respaldo la utilización del *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad – Edición 2017*, que resulta el manual más completo y difundido para este tipo de construcciones en nuestro país.

VII.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA BÁSICA.

VII.2.1 Reciclado en frío con incorporación de cemento.

Basados en los datos de los ensayos de laboratorio presentados en Capítulo IV, y los cálculos realizados para el nuevo paquete estructural requerido en el proyecto, es factible conservar la subrasante existente, en calidad aceptable, y reconstruir las capas superiores. Ello se logrará aportando material transportando cuando sea necesario, sobre la vía existente hasta garantizar que el espesor de la capa reciclada y compactada resulte de 25 cm de espesor.

VII.2.1.1 Preparación de la superficie.

Previo al comienzo de los trabajos de reciclado, se debe preparar la superficie del camino existente de la siguiente manera:

- Limpieza de vegetación, basura o material externo sobre todo el ancho de la calzada.
- Retiro de vegetación de banquetas en toda la extensión a reciclar; garantizando que las mismas queden con niveles más bajos que la zona del camino para permitir su correcto desagüe.
- Remoción de agua estancada en eventuales baches o depresiones.
- Incorporación de suelo transportado si fuera necesario para lograr cumplir satisfactoriamente con las cotas de proyecto para la capa.

VII.2.1.2 Materiales a emplear.

Material reciclado de pavimento, cemento portland CPC40 y suelo de base in-situ, cuyas características han sido determinadas mediante ensayos de laboratorio que se adjuntan en anexo 3.

VII.2.1.3 Adición de material importado.

En caso de ser necesaria la incorporación de suelo para lograr el espesor adecuado de la capa a reciclar y/o para lograr el nivel de rasante de proyecto, se deberá aportar la cantidad necesaria de suelo. Deberá utilizarse material de calidad igual o superior al existente; debiendo presentarse previamente los ensayos correspondientes de la cantera a explotar (ver clasificación de suelo en Anexo 3).

VII.2.1.4 Adición de cemento.

La incorporación de cemento como agente estabilizador de la capa reciclada será, según el porcentaje resultante de ensayos de laboratorio, la necesaria hasta alcanzar una resistencia a la compresión de 25 kg/cm² a 7 días. Valores de resistencia que deberán verificarse sobre testigos calados en campo posterior a la construcción.

Se podrá definir el método de distribución que se considere más conveniente, siempre y cuando el cemento sea esparcido de manera uniforme sobre el camino. Asimismo debe presentarse al menos 48 hs antes del inicio del trabajo por escrito la metodología a utilizar y si fuera necesario un esquema de distribución.

El tiempo máximo que puede permitirse entre el mezclado por recicladora y la compactación de la capa es de 3 horas. Si en algún caso este lapso de tiempo es superado deberá reincorporarse la totalidad del cemento y elaborar nuevamente la capa con recicladora.

VII.2.1.5 Agua para la construcción.

El agua debe ser limpia y libre de concentraciones perjudiciales de ácidos, álcalis, sales, azúcares y otras sustancias orgánicas o químicas. En caso de no obtenerse el agua de una matriz de agua potable, puede que sea necesario hacer ensayos para probar su calidad.

Bajo ningún concepto se admitirá la extracción de agua de tanques utilizados para consumo animal, o en cercanía a fosas de desechos de los tambos o las concentraciones ganaderas del INTA.

VII.2.1.6 Control del contenido de humedad del material reciclado.

El agua debe incorporarse en la cantidad necesaria para cumplir los requerimientos de humedad óptima determinados según el ensayo VN - E5 – 93 "*Compactación de Suelos*" de la Norma de Ensayos de Vialidad Nacional.

La incorporación de agua se realizará exclusivamente con la recicladora. En sectores donde se determine exceso de humedad previo al inicio del trabajo, fundamentalmente en sectores de baches, debe reducirse la incorporación de agua o realizarse un secado previo del sector.

El tramo se considerará aceptable al constatar que los valores de humedad se encuentran en $\pm 2\%$ respecto a lo establecido en el ensayo anteriormente mencionado.

VII.2.1.7 Prácticas de reciclado.

La máquina recicladora debe ser operada por personal idóneo, y ser ajustada para cumplir los siguientes requerimientos:

a) CONTROL DE PROFUNDIDAD DE CORTE:

La profundidad de corte real se medirá por una varilla de la altura del borde sobre la calzada en la franja que no ha sido reciclada aún, al menos una vez cada 50 m a lo largo de la pasada. Deberá verificarse una profundidad de 25 cm, tomando como tolerancia 2 cm en defecto y 3 cm en exceso.

b) TRASLAPO DE JUNTAS LONGITUDINALES:

Para asegurar el reciclado en el ancho completo del camino, las juntas longitudinales entre cortes sucesivos deben solaparse un mínimo de 150 mm. Las líneas guías de corte marcadas en la superficie del camino deben ser verificadas para asegurar que solo el primer corte sea del mismo ancho que el tambor de la recicladora. El resto de los anchos de reciclado serán como máximo, igual al ancho del tambor de reciclado menos 150 mm. Ante cualquier desviación mayor o igual a 100 mm se deberá retroceder en la longitud que se crea conveniente para salvar dicho error, sin incorporar agua nuevamente.

Es fundamental que el paso de los compactadores por detrás de la franja reciclada respete la junta de solape, a fin de evitar la ruptura de la estructura de la capa compactada en los bordes de dicha junta.

c) CONTINUIDAD DE ESTABILIZACIÓN (JUNTAS TRANSVERSALES):

Se deberá asegurar que no se generen zonas de material sin reciclar y/o estabilizar entre cortes sucesivos. Debe marcarse cuidadosamente la finalización del sector de trabajo, esta marca debe coincidir con el centro del tambor de reciclado, en el punto donde fue levantado de su posición. La reanudación del reciclado deberá iniciarse al menos 50 cm antes de dicha marca.

d) VELOCIDAD DE AVANCE:

La velocidad de avance podrá ser verificada según el comportamiento en campo por la resistencia que oponga el material a reciclar. No obstante, se mantendrán entre los 4 m/min y los 12 m/min, teniendo siempre en cuenta que no podrá alejarse en ningún momento una distancia mayor a 100 m del primer compactador, a fin de evitar tiempos innecesarios del cemento dispuesto y humectado dentro de la capa.

VII.2.1.8 Inestabilidad de la subrasante.

Se suspenderán por completo las actividades de reciclado en los sectores que se detecten inestabilidad en la subrasante. Deberá removerse el material en el lugar y proceder a la recuperación del sector a fin de lograr un soporte adecuado para las capas superiores.

VII.2.1.9 Limitaciones climáticas.

No se realizarán trabajos durante condiciones de excesiva humedad o de espesa niebla, ni podrán comenzarse los trabajos cuando se corra riesgos de no poder terminarlos antes de una lluvia o un descenso marcado de temperatura.

No se permitirá el esparcimiento de cemento sobre el camino en condiciones ventosas, donde se pueda afectar la calidad constructiva de la vía y también la seguridad de los operarios.

VII.2.1.10 Compactación y terminación.

a) COMPACTACIÓN:

El material reciclado será compactado inicialmente utilizando un rodillo pata de cabra vibratorio, con un peso estático de 11 a 14 tn, en modo de alta amplitud (baja frecuencia). La compactación debe comenzar y continuar inmediatamente detrás de la recicladora durante todo el tiempo de trabajo.

Un rodillo liso vibratorio en un modo de vibración de baja amplitud (alta frecuencia) debe terminar el proceso de compactación posterior al perfilado con motoniveladora.

b) MICROFISURACIÓN

El objetivo de esta es limitar el reflejo de la fisuración característica en los estabilizados granulares con ligantes hidráulicos.

Se pretende generar mecánicamente una red de pequeñas fisuras para evitar la posterior aparición de fisuras en bloque.

Estas microfisuras se pueden generar mediante la aplicación de una compactación vibratoria posterior al proceso constructivo de la base, dejando pasar un período inicial de curado, que generalmente se establece en dos días a partir de la finalización del proceso de reciclado.

Para la aplicación de la metodología de compactación vibratoria, es conveniente la utilización de rodillos lisos del tipo medio como mínimo; con un peso estático igual o mayor a 10 tn, empleando preferentemente el mismo compactador utilizado para ejecutar el proceso de acabado de la base.

Se realizan dos o más pasadas, en un entorno de velocidades comprendido entre 50 y 80 m por minuto, utilizando la máxima amplitud de vibración del equipo.

Luego de ejecutada la microfisuración deberá garantizarse la continuidad del proceso de hidratación del cemento mediante riego superficial de curado durante al menos tres días, con suspensión total del tránsito. Posterior a esto se realizará el correspondiente riego de imprimación.

c) CONTROL DE NIVEL Y PERFIL:

El material procesado debe ser extendido por la recicladora para llenar el vacío de corte. Tal extensión puede ser lograda aplicando mayor presión por la compuerta trasera de la cámara de reciclado para asegurar que el material se reparta en el ancho completo de corte. El material será perfilado a la cota especificada en proyecto utilizando una motoniveladora según el estaqueado surgido de un levantamiento topográfico.

La capa reciclada terminada debe estar libre de:

- Laminaciones superficiales (tipo “costras”).
- Corrugaciones transversales o cualquier otro defecto que afecte el buen desempeño de la capa.

VII.2.2 Riego de imprimación con material bituminoso.

El riego de imprimación debe proteger la superficie de la base una vez que ha sido compactada, cortada a nivel e hidratado el cemento. Consiste en el suministro y aplicación de un riego material asfáltico razón de 1 lt/m² de residuo asfáltico, incluyendo la colocación del material secante, si se requiere.

Esta aplicación de emulsión asfáltica que cubre la capa de base, tiene los siguientes propósitos fundamentales:

- Ayudar a prevenir la posibilidad de que se desarrolle un plano de deslizamiento entre la capa de base y la carpeta asfáltica.
- Evitar que el material de base se desplace bajo las cargas de tránsito, durante la construcción, antes de que se coloque la capa asfáltica.
- Proteger la capa de base de la intemperie.
- Impermeabilizar la superficie.
- Cerrar los espacios capilares.
- Endurecer la superficie.
- Facilitar el mantenimiento.

VII.2.2.1 Preparación de la superficie para la imprimación.

La superficie de la base deberá estar de acuerdo con los alineamientos, pendientes y secciones transversales mostradas en los planos de anexo 1.

Antes de aplicar el riego de imprimación se deberá remover todo el material suelto, barriendo la superficie con una escoba mecánica, solo se podrá usar escobillones de mano en secciones limitadas o de difícil acceso.

Deberán regarse ligeramente con agua las zonas demasiado secas sobre la superficie limpia antes de aplicar el material asfáltico. Se procederá con el riego cuando la base comience a presentar apariencia de seca nuevamente.

No se aplicará riego de imprimación antes de que el contenido de humedad de la base esté por debajo del valor óptimo más 2 puntos porcentuales en todo su espesor.

VII.2.2.2 Materiales empleados.

El material será emulsión asfáltica de curado medio. El riego de imprimación deberá ser aplicado dentro de los siguientes límites de temperatura para obtener la penetración deseada:

(MC-70) de 54°C a 88 °C, (MC-250) de 79°C a 113°C, o lo que indiquen los resultados de pruebas de viscosidad tomando como límites los valores de 60 segundos y 15 segundos.

La dosificación del material en campo será de 1 litro por metro cuadrado, utilizando arena seca y libre de materia orgánica como material secante y de cobertura.

VII.2.2.3 Regulación de dosificadores.

a) ÁNGULO DE ASPERSIÓN

El ángulo de aspersión de los agujeros debe establecerse adecuadamente, de modo que los flujos individuales no interfieran entre sí o se mezclen.

b) ALTURA DE ASPERSIÓN

La altura de los agujeros sobre la superficie determina el ancho de un flujo individual. Para asegurar el adecuado solape de cada salida, la altura del agujero debe fijarse y mantenerse durante toda la operación.

VII.2.2.4 Riego con material asfáltico sobre la superficie.

El riego de imprimación deberá realizarse preferentemente durante las horas más calurosas del día y por ningún motivo se aplicará cuando la base se encuentre mojada o haya peligro de lluvia. La imprimación se hará en la superficie de rodadura y en los sobrecanchos de la capa base.

La penetración normal del riego debe ser de 8 a 10 mm, aunque puede considerarse como satisfactoria una penetración menor, siempre que haya buena adherencia entre el material asfáltico y el de la base.

Bajo ningún concepto el equipo esparcidor de arena podrá pisar directamente sobre el riego asfáltico. Se deberá esperar un tiempo mínimo de 2 horas antes de la distribución del material secante.

VII.2.2.5 Condiciones meteorológicas.

No se podrá imprimir cuando existan condiciones de lluvia.

La capa de imprimación debe ser aplicada solamente cuando la temperatura atmosférica a la sombra esté por encima de los 10 °C, la superficie del camino esté razonablemente seca.

VII.2.3 Riego de liga con material bituminoso.

Consiste en una delgada película de emulsión asfáltica aplicada entre la base reciclada imprimada y la carpeta de concreto asfáltico, para garantizar la vinculación de las mismas a largo plazo.

Este riego podrá efectuarse con asfalto diluido de endurecimiento rápido o emulsiones de rotura rápida. Se efectuará a modo de obtener un residuo asfáltico de 0,4 lts./m².

Es muy importante lograr una adherencia adecuada ya que evita el deslizamiento entre ellas y permite que ambas capas se desempeñen como una sola.

Durante y luego del proceso de aplicación del riego de liga debe garantizarse:

- La superficie existente este seca y limpia, preferentemente realizar barrido mecánico.
- El riego debe ser uniforme y cubrir la totalidad del área que va a recibir la carpeta asfáltica. Sin sectores con déficit de material o exceso en solapes y juntas.
- La emulsión del riego debe romper y curar antes que los equipos transiten sobre la superficie. El tiempo no debe ser menor a 40 minutos, aunque puede ser superior si no se percibe seco a la pisada con zapato.

Se detendrá el avance de los equipos de pavimentación si el riego de liga se adhiere de manera constante a las cubiertas del camión o terminadora. En tal caso para evitar esta adhesión deberá rociarse el sector con agua enjabonada.

VII.2.4 Carpeta de concreto asfáltico en caliente

VII.2.4.1 Mezcla asfáltica

a) ELABORACIÓN

La mezcla asfáltica será preparada en planta asfáltica ubicada a no más de 50 km de la zona de obra. La misma deberá disponer de los mecanismos y dispositivos adecuados para la correcta dosificación de los agregados y el cemento asfáltico.

Los criterios de dosificación para la fórmula de obra deberán cumplir los requerimientos establecidos en la Sección 6 del Pliego General de Especificaciones Técnicas de D.N.V. (Ed. 2017) con la excepción de los siguientes puntos:

- No podrá utilizarse arena silícea como agregado, el mismo deberá ser totalmente de trituración.
- Para la mezcla de concreto asfáltico deberá utilizarse cemento asfáltico tipo CA 30 según norma IRAM IAPG A 6835.
- La estabilidad de la mezcla deberá superar los 1100 kg. La fluencia estará comprendida entre 3,5 y 4,5 mm. La relación estabilidad fluencia no deberá superar en ningún caso los 4000 kg/cm.

b) HUSOS GRANULOMÉTRICOS

En la siguiente tabla se expresan los husos granulométricos según el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Concretos Asfálticos en Caliente y Semicalientes del Tipo Denso de la D.N.V. – Edición 2017.

TAMICES	Porcentaje en peso que pasa	
	12	19
19 mm (3/4")	100	83-100
12,7 mm (1/2")	80-95	---
9,5 mm (3/8")	72-87	60-75
4,75 mm (N° 4)	47-65	42-60
2,36 mm (N° 8)	30-50	29-47
600 µm (N°30)	16-30	15-29
300 µm (N°50)	12-23	11-21
75 µm (N°200)	5-8	4-8

Tabla VII.1: Entornos granulométricos admitidos. Fuente: P.E.T.G. DNV – 2017.

VII.2.4.2 Equipo de construcción

a) EXTENDEDORA O TERMINADORA:

El extendido del material se realizará con máquina autopropulsada, en los anchos y espesores especificados en los planos de Anexo 1. Sobre la superficie a pavimentar deberán colocarse guías longitudinales que servirán de referencia para el operario.

Deberá procurarse mantener una temperatura homogénea y adecuada para la compactación en toda la extensión, hasta la finalización del trabajo de compactación.

b) COMPACTADORES:

Deben utilizarse dos o más compactadores en tándem, de ellos al menos uno debe ser vibratorio y uno de rodamiento neumático. Sus pesos útiles deben estar comprendido entre 11 y 14 tn.

Las velocidades de avance serán comprendidas entre 4 y 6 km/h, utilizando preferentemente la velocidad más alta que permitan los equipos en combinación con las mayores frecuencias vibratorias.

Los equipos de compactación deben trabajar a la mayor proximidad posible respecto de la máquina terminadora; asimismo, estarán provistos de elementos que eviten pérdida de temperatura en ellos, "polleras".

Para evitar la adherencia del material está prohibida la utilización de gasoil u otra sustancia que pueda perjudicar al concreto asfáltico.

Parámetros de calidad de compactación de carpeta asfáltica:

Mediante el calado de testigos al azar deberá corroborarse que:

- El promedio de la compactación obtenida sea mayor al 98% de la densidad Marshall obtenida en laboratorio. A su vez, los valores individuales no podrán ser menores al 96% de dicha densidad.
- Los espesores de los testigos serán, en promedio, iguales o mayores, al espesor especificado en el proyecto (5 cm). Los valores individuales no podrán ser en ningún caso menores al 80% de dicho espesor.

c) CAMIONES:

Los camiones que transporten la mezcla asfáltica llevarán su carga perfectamente tapada con una lona.

No se permitirá la utilización de gas-oil u otra sustancia que sea perjudicial para la mezcla asfáltica como antiadherente de la carga.

VII.2.4.3 Limitaciones de ejecución.

No se permitirá la ejecución del trabajo:

- En condiciones de frío con temperaturas ambiente inferiores a 8°C.
- En condiciones de frío con temperatura ambiente igual a 10 °C y en descenso.
- Cuando la temperatura de la superficie de apoyo sea igual o menor a 8 °C.
- Días de fuerte viento, fundamentalmente después de heladas.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas, o en condiciones de alta probabilidad de ocurrencia.

VII.2.5 Terraplenes.

El suelo empleado para la construcción de terraplenes no deberá contener ramas, matas de hierba, raíces, ni restos de materia orgánica. Además deberá cumplir con la siguiente exigencia mínima de calidad:

- CBR: Mayor o igual a 3%.
- Hinchamiento menor o igual que 2,5% (con sobrecarga de 4,5 kg).
- Índice de plasticidad menor a 25.

VII.2.5.1 Exigencia de compactación.

Los terraplenes serán compactados hasta lograr 100% de densidad respecto del ensayo Proctor (Norma VN-E5-93) y contenido de humedad $\pm 2\%$ respecto de la óptima de dicho ensayo. El mismo deberá realizarse con material extraído del tramo de obra previo a su compactación.

VII.2.5.2 Banquinas.

Para el caso de construcción de banquetas será preferente reservar suelo de menor calidad constructiva y mayor contenido de materia orgánica para los 10 cm superiores de la misma. Sobre este se facilitará el crecimiento de césped y vegetación de cobertura.

VII.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA OBRAS DE ARTE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS.

VII.3.1 Demolición de alcantarillas existentes.

Deberán realizarse las demoliciones de alcantarillas según se especifica en las planimetrías adjuntas y en el cómputo de proyecto.

Es importante destacar que deben tomarse todas las precauciones necesarias para evitar roturas de los tubos extraídos siempre que sea posible. Los materiales recuperados en buen estado quedan a disposición de INTA Rafaela.

Los restos de demolición deben ser trasladados a lugares adecuados para su disposición final, procurando mantener las buenas prácticas ambientales dentro de la obra.

VII.3.2 Construcción de alcantarillas de tubos de hormigón.

En todos los casos que las alcantarillas a construirse sean nuevas, los caños de hormigón armado serán construidos según el plano 3 de anexo 2 y las especificaciones técnicas descriptas en la sección L.VIII del P.E.T.G. ed. 1998 de la D.N.V.

Complementándose con lo siguiente:

- Todas las alcantarillas serán construidas según las dimensiones (diámetro y longitud) especificadas en las planimetrías del presente proyecto (Anexo 1).
- Los trabajos comprenden la excavación y perfilado del sector para colocación de caños, colocación de tubos según especificaciones de planos, sellado de juntas entre caños con mortero de cemento, y finalmente el tapado con suelo que debe ser compactado con compactador manual en los laterales y sobre los caños en la tapada requerida.

VII.3.3 Reubicación de alcantarillas.

El sector a intervenir cuenta con alcantarillas existentes que, según los cálculos hidráulicos, sus dimensiones son adecuadas para la evacuación de aguas de precipitaciones en el predio. No obstante, estas deberán ser reubicadas en cota y progresivas determinadas en los planos de proyecto.

En todos los casos que corresponda realizarse reubicación de alcantarillas deberá hacerse con las precauciones necesarias para evitar roturas recuperando al menos el 60% de los tubos existentes para su reutilización.

Los trabajos comprenden la remoción de caños existentes, excavación y perfilado del sector para la disposición de los caños, la recolocación de los tubos reutilizados y los nuevos si hubiera roturas, sellado de juntas con mortero de cemento y finalmente tapado con suelo que debe ser compactado con compactador manual en los laterales y sobre los caños en la tapada requerida.

En caso de reemplazar caños por roturas los nuevos a colocar deberán cumplir con lo especificado en el punto VII.3.2.

VII.3.4 Cabezales de alcantarillas.

Se ejecutarán de hormigón armado premoldeado de resistencia característica H-20 conforme al plano 4 de Anexo 2.

VII.3.5 Albañales.

Se ejecutarán según planos 1 y 2 de Anexo 2, respetando la ubicación y cotas indicadas en las planialtimetrías correspondientes.

La estructura del desagüe deberá ejecutarse con hormigón tipo H-20 y armada con mallas electrosoldadas de acero F-24.

Las rejas superiores con acero F-24 según las especificaciones de los planos mencionados.

El trabajo en su totalidad consiste de las tareas de excavación, perfilado y compactación mediante compactador manual del fondo de la excavación, armado y hormigonado de la estructura, también la colocación de las mallas electrosoldadas en su disposición final.

El sector deberá quedar inhabilitado al tránsito durante un lapso no menor a 14 días, tiempo durante el cual deberán efectuarse las tareas necesarias para el correcto curado del hormigón.

VII.3.6 Corrimiento de alambrados.

Esta tarea consiste en el ensanche del terreno dispuesto para la construcción de la cuneta en el Camino 1. Los alambrados deberán quedar dispuestos según se especifica en los planos 23 y 24 de Anexo 1.

Siendo el alambrado a colocar del mismo tipo que el existente, con 3 hilos lisos y 2 alambres de púas, según plano 5 de Anexo 2.

Establecido como índice mínimo de recuperación un 50% de los materiales retirados del lugar.

VII.4 CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Es importante destacar que toda obra debe su duración no solo a su calidad constructiva, sino en gran medida a su mantenimiento. En el capítulo II se ha hablado en líneas generales de la importancia que tiene el correcto mantenimiento e incluso de algunos ejemplos de aplicación o planificaciones para llevarnos a cabo.

En esta instancia resulta indispensable puntualizar especificaciones que puedan servir al personal del INTA para lograr un mejor aprovechamiento de la obra construida y prolongar su durabilidad.

VII.4.1 Mantenimiento de pavimento.

El principal agresor para los pavimentos es el agua. Cuando esta ingresa a las capas del paquete estructural genera sectores con exceso de humedad que luego se convierten en baches por la acción del tránsito.

El ingreso de agua de precipitaciones desde la superficie es la más perjudicial, o de acción más acelerada, en este caso suele ingresar normalmente por las fisuras o grietas que se originan en la carpeta asfáltica. Es fundamental tomar acción rápidamente ante la aparición de este tipo de patología, utilizando selladores asfálticos que impermeabilicen el sector o al menos retrasen el ingreso de agua.

La falta de mantenimiento en banquetas suele ser también un causante de infiltración superior hacia las capas. Cuando la carpeta se encuentra descalzada lateralmente o existe en la banqueta alguna depresión que permite la acumulación de agua, esta se infiltra desde el borde del pavimento y debilita el mismo.

Es importante por ello mantener las banquetas con la elevación adecuada, perfectamente perfiladas y con pendiente que garantice el rápido escurrimiento del agua de precipitaciones hacia las cunetas. La cobertura vegetal es fundamental para evitar la erosión por el escurrimiento de aguas que generará descalces en banquetas; el corte de césped debe tenerse en cuenta como una actividad a realizarse como mínimo una vez al mes.

Ante la aparición de baches en el pavimento la reparación debe ser inmediata, la ramificación de fisuras acrecienta la posibilidad de ingreso de agua y acelera la formación del bache. Por ello debe eliminarse cuanto antes la zona afectada mediante un fresado y generar el parche con una nueva mezcla asfáltica.

VII.4.2 Mantenimiento de desagües.

Al tener terrenos de grandes extensiones con alta presencia de vegetación, incluso siendo las principales canalizaciones de desagüe de suelo natural cubierto, el mantenimiento debe ser regular para evitar embanques. La excesiva presencia de yuyos y malezas en cunetas genera obstrucciones y retardos en el escurrimiento del agua durante copiosas precipitaciones.

Por otro lado, algunos sectores de tierra descubierta principalmente en potreros y corrales de espera para los animales del tambo suelen generar arrastre de material suelto que embanca las alcantarillas tubulares. Debe preverse una limpieza cada 6 meses aproximadamente, sobre todo realizar una en mayor profundidad previa al inicio de la temporada de tormentas.

El mantenimiento de desagües, tanto abiertos como de sección cerrada evitará las acumulaciones de aguas que puedan afectar a los caminos por infiltración lateral. También son importantes para evitar inconvenientes en el normal funcionamiento de la E.E.A. tanto en sectores productivos como administrativos.

CAPÍTULO VIII

CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

VIII.1 INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo se enmarca en el análisis de la inversión prevista para la realización del proyecto.

Debe aclararse que los valores son aproximados y orientativos, tomados de publicaciones en revistas del rubro y entrevistas con empresas constructoras especializadas. El análisis se realiza con costos al mes de noviembre de 2019,

Los precios finales de cada ítem deben ser determinados por la empresa constructora que oportunamente sea contratada para construir la obra, basadas en su metodología de trabajo, su disponibilidad de equipos, personal, entre otros.

VIII.2 ANÁLISIS DE PRECIOS.

Los valores monetarios del presente capítulo fueron estimados a través de análisis de precios elaborados como se muestra en Anexo 4.

Estas mismas planillas podrían oficial como modelo a presentarse en caso que *INTA Rafaela* solicite presupuestos a empresas constructoras u otras entidades para llevar a cabo la obra.

VIII.3 CÓMPUTOS DE OBRA BÁSICA.

Se presenta en esta sección las tablas de cómputo de cantidades a ejecutar en todo el desarrollo de los caminos internos del predio.

CAMINO N°	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	SUPERFICIE (m ²)
Camino 1	1981	6	11886
Camino 2	383	6	2298
Camino 3	257	4	1028
Camino 4	126	4	504
Camino 5	120	4	480
	159	6	954
Camino 6	282	4	1128
Camino 7	471	6	2826
Camino 8	50	4	200
Camino 9	52	6	312
Camino 10	212	6	1272
Camino 11	154	6	924
Camino 12	533	6	3198
Camino 13	276	6	1656
Camino 14	138	4	552
Camino 15	153	4	612
Camino 16	152	6	912
SUPERFICIE=			30742
Imprevistos 5%			
SUPERFICIE TOTAL=			32279.1

Tabla VIII.1: Cómputo de carpeta asfáltica y riegos. Fuente: elaboración propia, 2019.

CAMINO N°	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	SUPERFICIE (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Camino 1	1981	6	11886	2971.5
Camino 2	383	6	2298	574.5
Camino 3	257	4	1028	257
Camino 4	126	4	504	126
Camino 5	120	4	480	120
	159	6	954	238.5
Camino 6	282	4	1128	282
Camino 7	471	6	2826	706.5
Camino 8	50	4	200	50
Camino 9	52	6	312	78
Camino 10	212	6	1272	318
Camino 11	154	6	924	231
Camino 12	533	6	3198	799.5
Camino 13	276	6	1656	414
Camino 14	138	4	552	138
Camino 15	153	4	612	153
Camino 16	152	6	912	228
VOLUMEN=				7685.5
Imprevistos 5%				
VOLUMEN TOTAL=				8070.0

Tabla VIII.2: Cómputo de pavimento reciclado con incorporación de cemento. Fuente: elaboración propia, 2019.

VIII.4 PLANILLAS DE OBRAS HIDRÁULICAS.

Se presentan las características fundamentales para la construcción de las alcantarillas de la totalidad del predio.

	PROGRESIVA	LADO	ANCHO SOLERA	PROFUNDIDAD	LONGITUD	VOLUMEN	COTA DE DESAGÜE
C7	0+220	Transversal	60	30	7	1,6	96,88
	0+280	Transversal	70	35	7	1,9	96,85
	0+320	Transversal	60	30	7	1,8	96,79

Tabla VIII.3: Planilla de albañales. Fuente: elaboración propia, 2019.

PROGRESIVA	UBICACIÓN	DIAMETRO	FILAS DE TUBOS	ANCHO TOTAL	COTA DE DESAGÜE	ITEM	
C1	0+650	Transversal	Ø 80	1	7	96,30	Construcción nueva.
	0+660	Transversal	Ø 80	1	7	96,33	Construcción nueva.
	0+750	Transversal	Ø 60	1	7	96,43	Construcción nueva.
	1+054	LI	Ø 50	1	7	96,84	Reubicación.
	1+175	LI	Ø 50	1	7	96,90	Reubicación.
	1+320	LI	Ø 50	1	7	96,49	Reubicación.
		Transversal	Ø 50	1	7	96,34	Reubicación.
		LD	Ø 40	2	7	96,34	Construcción nueva.
	1+445	LI	Ø 60	1	7	96,21	Construcción nueva.
		LD	Ø 60	1	7	96,21	Reubicación.
	1+540	Transversal	Ø 60	1	7	96,08	Construcción nueva.
	1+700	LD	Ø 80	1	7	95,89	Construcción nueva.
	1+722	Transversal	Ø 80	1	7	95,86	Construcción nueva.
	1+875	LD	Ø 50	1	7	96,14	Reubicación.
1+925	LD	Ø 50	1	7	96,23	Reubicación.	
C2	0+260	LD/LI	Ø 40	1	7	96,85	Reubicación.
	0+383	LD/LI	Ø 40	1	7	96,50	Reubicación.
C5	0+005	Transversal	Ø 40	1	7	96,80	Reubicación.
	0+125	LD	Ø 40	1	7	96,75	Reubicación.
	0+275	LD/LI	Ø 40	1	7	96,70	Reubicación.
C6	0+175	Transversal	Ø 40	1	7	96,61	Reubicación.
	0+183	Transversal	Ø 40	1	7	96,58	Reubicación.
C7	0+145	LD	Ø 30	1	7	96,94	Reubicación.
C10	0+050	LD	Ø 40	1	7	96,68	Reubicación.
	0+212	LD/LI	Ø 40	1	7	96,60	Reubicación.
C11	0+000	LD	Ø 50	1	7	96,50	Reubicación.
C12	0+330	LI	Ø 60	1	7	96,70	Reubicación.
C13	0+265	LD	Ø 50	1	7	---	Mantener en cota.

Tabla VIII.4: Planilla de alcantarillas. Fuente: elaboración propia, 2019.

VIII.5 TOTALES.

Se presenta en la tabla VIII.5 las cantidades totales por cómputo de cada uno de los ítems y su valor estimado. De este modo se llega al monto total aproximado de obra que, se reitera, deberá ser readecuado según la empresa u organización que ejecute el proyecto.

ITEM	DESIGNACIÓN	UN.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	INSTALACIÓN DE CAMPAMENTO	un.	1	\$ 1.600.000,00	\$ 1.600.000,00
2	OBRA BÁSICA				
2.a	Terraplén c/ compact. Especial (Incluye prov. y tpte.)	m ³	4560	\$ 678,96	\$ 3.096.057,60
2.b	Base reciclada con inc. de cemento	m ³	8070,0	\$ 964,97	\$ 7.787.307,90
2.c	Riego de imprimación	m ²	32279,1	\$ 137,93	\$ 4.452.256,26
2.d	Riego de liga	m ²	32279,1	\$ 80,45	\$ 2.596.853,60
2.e	Carpeta de concreto asfáltico (e=5cm)	m ²	32279,1	\$ 836,84	\$ 27.012.442,04
3	OBRAS DE HIDRAULICAS				
3.a	Reubicación de alcantarillas	un.	18	\$ 31.638,00	\$ 569.484,00
3.b	Construcción de alcantarillas (ø 40 cm)	ml	14	\$ 5.500,00	\$ 77.000,00
3.c	Construcción de alcantarillas (ø 60 cm)	ml	21	\$ 7.385,16	\$ 155.088,36
3.d	Construcción de alcantarillas (ø 80 cm)	ml	15	\$ 9.849,03	\$ 147.735,45
3.e	Construcción de albañales	m ³	5,5	\$ 22.036,70	\$ 121.201,85
3.f	Cabezales de hormigón premoldeado	un.	48	\$ 9.128,00	\$ 438.144,00
3.g	Rejas de acero para albañales	tn	0,25	\$ 108.945,43	\$ 27.236,36
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
4.a	Demolición de alcantarillas	un.	6	\$ 7.530,00	\$ 45.180,00
4.b	Corrimiento de alambrados	ml	1540	\$ 807,91	\$ 1.244.181,40
TOTAL=					\$ 49.370.168,82

Tabla VIII.5: Cómputo y presupuesto total. Fuente: elaboración propia, 2019.

CAPÍTULO IX

IMPACTO AMBIENTAL

IX.1 INTRODUCCIÓN.

IX.1.1 Generalidades.

Según la Ley N° 11.717 de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de Santa Fe, se entiende por Impacto Ambiental a la incidencia positiva o negativa sobre el medio ambiente producida como resultado de una actividad.

A continuación se describirán cada uno de los documentos que intervienen en el análisis de dicha incidencia:

Estudio de impacto ambiental. (EsIA)

Documentación presentada por el responsable del proyecto o emprendimiento ante la Autoridad de Aplicación, cuyo principal objetivo es identificar, predecir y valorar el impacto ambiental que las acciones a desarrollar puedan causar y proponer medidas adecuadas de atenuación o mitigación pertinentes.

Evaluación de impacto ambiental. (EIA)

Es el procedimiento técnico-administrativo realizado por la Autoridad de Aplicación basado en el Estudio de Impacto Ambiental, estudios técnicos recabados y las ponencias de las Audiencias Públicas, si estas hubieran sido convocadas, tendiente a evaluar la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un emprendimiento o proyecto, produciría en caso de ser ejecutado, así como los mecanismos previstos de prevención, manejo, mitigación y corrección planteados por el proponente, con el fin de aprobar o rechazar el Estudio de Impacto Ambiental.

IX.1.2 Presentación.

Se realiza el presente Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de *“Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos internos de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Rafaela”*, con el cual se definirán los diversos factores ambientales que pueden ser afectados por la normal evolución de las obras, en sus etapas de construcción, mantenimiento y operación.

La obra antes mencionada, contempla las acciones necesarias a fin de lograr una sustancial mejora de las condiciones de tránsito en dicho predio, colaborando con el normal desarrollo de las actividades cotidianas.

Las distintas etapas de obra que pudieren provocar alteraciones en las condiciones actuales, serán tratadas de forma tal que, mediante la introducción de medidas de mitigación efectivas, se garantice minimizar todo impacto negativo.

La metodología de realización del presente informe se corresponde con la legislación vigente a nivel Nacional, Provincial y Municipal.

IX.1.3 Marco conceptual.

Una herramienta tan importante como el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), permite potenciar los beneficios de un proyecto de desarrollo sustentable, ayudando a prevenir, minimizar, mitigar o compensar cualquier impacto adverso que pudiera generar sobre el medio biofísico y socio-económico del área de afectación.

IX.2 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

Para este estudio se utiliza el *Método PROGNOS II de Evaluación de Impacto Ambiental mediante el Desarrollo de Matrices Semi-cuantitativas*, desarrollado por Kaczan y Gutiérrez (2009).

En dicho sistema las matrices de impacto presentan una estructura abierta y dinámica que se ajusta a las necesidades del evaluador y del objeto evaluado, permitiendo efectuar en la etapa de planificación, una primera evaluación conceptual “sin proyecto” y “con proyecto” y luego durante el desarrollo del proyecto una evaluación detallada para las etapas de construcción y de operación de la obra.

La matriz causa-efecto consiste en una tabla de doble entrada compuesta.

- Las filas corresponden a las acciones o actividades de la obra, con implicancia ambiental, derivadas de las distintas etapas de desarrollo consideradas.
- Las columnas corresponden a las características o factores del medio ambiente receptor, natural y socio-económico, susceptible de ser afectadas por las acciones de la obra.

En la intersección de cada fila con las diferentes columnas, se originan casilleros en los cuales resulta posible describir, mediante la utilización de criterios y pesos diferentes para cada variable utilizada, las características de cada impacto.

Al no existir metodologías universalmente aceptadas y de uso común, se adopta en la presente evaluación el siguiente criterio para la valoración de los impactos. Ver tabla IX.1

Signo: Positivo cuando es beneficioso. Negativo cuando es perjudicial. Probable, difícil de calificar sin estudios específicos.

Importancia: o grado de perturbación en el medio ambiente, clasificada como Menor, Mediana o Mayor.

Probabilidad o Riesgo de Ocurrencia: entendiéndose como probabilidad que los impactos se presenten, clasificada como Cierta o Posible.

Duración: clasificada como Temporaria o “corta” (que se presenta por lo general durante la etapa constructiva del proyecto). Recurrente (cuando vuelve a suceder o aparecer con intermitencias). Permanente (que se manifiesta durante toda la vida del proyecto).

Término de Ocurrencia: es el momento en que se produce el impacto. Se califica como Inmediato, Mediano y a Largo Plazo.

Reversibilidad: se considera que el impacto es Reversible (a corto, mediano o largo plazo) cuando el elemento perturbado retorna a sus condiciones iniciales, e Irreversible cuando se debe generar una nueva condición ambiental.

Extensión Areal: es el territorio involucrado, clasificado como Focalizado, Local, Regional o Global, cuando se extiende a todo el territorio nacional.

Necesidad de Monitorear los Efectos Considerados: se supone la necesidad o no, de monitorear los efectos generados por las acciones desarrolladas.

De este modo, resulta factible indicar también aquellos impactos (que pueden ser positivos o negativos) de posible ocurrencia, que sean difíciles de calificar en esta etapa sin estudios detallados, pero ya son identificados a través de las primeras instancias del monitoreo ambiental, transformándose así en indicadores que sirven para modificar y/o intensificar los programas de monitoreo, cuyos resultados son considerados en una

evaluación posterior de los impactos. A estos impactos se los identificará con el símbolo X-Y.

En los casos en que la acción analizada no genere efectos, ya sea porque su ejecución se halla inhibida por la falta del objeto material sobre el cual desarrollarse, o bien, porque los efectos generados no tienen incidencia directa o indirecta sobre determinados componentes del medio receptor, los casilleros que reflejen esta situación, son identificados mediante ocho puntos consecutivos: (.....)

Una vez confeccionada la matriz, se procederá a cuantificar en forma porcentual directa, los impactos positivos, negativos y los difíciles de evaluar en la etapa considerada. Asimismo, se cuantificarán y se expresarán en forma porcentual las distintas características de los impactos positivos y negativos analizados.

ORDEN SECUENCIAL EN EL CASILLERO DE LA MATRIZ	CARACTERÍSTICA DEL IMPACTO	SÍMBOLO UTILIZADO EN LA MATRIZ
1	SIGNO	(+) - Positivo
		(-) - Negativo
		(X-Y) - Probable, pero difícil de calificar en esta etapa.
		(.....) - No evaluado
2	IMPORTANCIA	(1) - Menor
		(2) - Mediana
		(3) - Mayor
6	REVERSIBILIDAD	(H) - Reversible a largo plazo
		(I) - Irreversible
		(K) - No considerado
7	ÁREA DE EXTENSIÓN	(F) - Focalizada
		(A) - Local
		(R) - Regional
		(G) - Global
8	NECESIDAD DE MONITOREAR LOS EFECTOS CONSIDERADOS	(Y) - Si
		(N) - No

Tabla IX.1: Discriminación de los impactos según sus características. Fuente: Kaczan y Gutierrez, 2009.

IX.3 RESULTADOS GLOBALES OBTENIDOS.

Una vez realizada la caracterización y ponderación mediante la asignación de pesos relativos a cada uno de los impactos según la tabla IX.1, mediante el llenado de todos los casilleros de las matrices N° 1 y N° 2, correspondientes a las etapas de Construcción y Operación de la obra, respectivamente, se elaboran Tablas Síntesis en la cual se expresan los resultados.

IX.3.1 Matriz N° 1. Etapa de construcción.

A continuación se presenta la tabla IX.2 con el resumen de los resultados obtenidos de la Matriz N°1 correspondiente a la Etapa de Construcción del proyecto de reestructuración de caminos internos.

No evaluados:	138		
Total (X-Y):	2		
	POSITIVOS (+)		NEGATIVOS (-)
EVALUADOS			
Total	54	Total	91
IMPORTANCIA			
Menor	27	Menor	55
Mediana	25	Mediana	25
Mayor	2	Mayor	11
RIESGO DE OCURENCIA			
Cierta	43	Cierta	58
Posible	11	Posible	33
DURACIÓN			
Temporaria	50	Temporaria	70
Recurrente	1	Recurrente	6
Permanente	3	Permanente	15
TÉRMINO DE OCURENCIA			
Inmediato	21	Inmediato	79
Mediato	33	Mediato	11
Largo plazo		Largo plazo	1
REVERSIBILIDAD			
A corto plazo	3	A corto plazo	37
A mediano plazo	2	A mediano plazo	16
A largo plazo		A largo plazo	9
Irreversible	3	Irreversible	28
No considerado	46	No considerado	1
EXTENSIÓN AREAL			
Focalizada	9	Focalizada	59
Local	45	Local	29
Regional		Regional	3
Global		Global	
NECESIDAD DE MONITOREO			
Sí		Sí	2
No	54	No	89

Tabla IX.2: Resultados obtenidos de matriz N°1. Fuente: elaboración propia, 2019.

La tabla IX.3 contempla un resumen de los resultados arrojados por la tabla IX.2 donde se analizan los porcentajes de impactos positivos y negativos.

Elementos Analizados	Total	% Casilleros	% Impactos
Casilleros de la Matriz			
N° de Casilleros que DEMANDAN Evaluación	2	1,36%	---
N° de Casilleros que NO DEMANDAN Evaluación	145	98,64%	---
Cantidad Total de Casilleros	147	100,00%	---
Impactos			
POSITIVOS	54	---	36,73%
NEGATIVOS	91	---	61,90%
X-----Y	2	---	1,36%
Total Casilleros Evaluados	147	---	100,00%

Tabla IX.3: Resumen de resultados obtenidos de matriz N°1. Fuente: elaboración propia, 2019.

Analizando los resultados de la tabla IX.3 se observa, que de un total de 147 casilleros correspondientes a potenciales impactos posibles de considerar, en función de los efectos generados por la Construcción de la Obra, corresponde evaluar 2 (el 1,36% del total). El 98,64% restante de los casilleros, no resultan factibles y/o necesarios de estar sujetos a evaluación, porque la acción analizada no genera efectos que demanden evaluación.

De los impactos evaluados, el 36,73% son positivos, el 61,9% negativos y el 1,36% posibles, pero difíciles de calificar sin la realización de un monitoreo sistemático.

En el gráfico, se representan en forma de porcentaje, los resultados obtenidos.

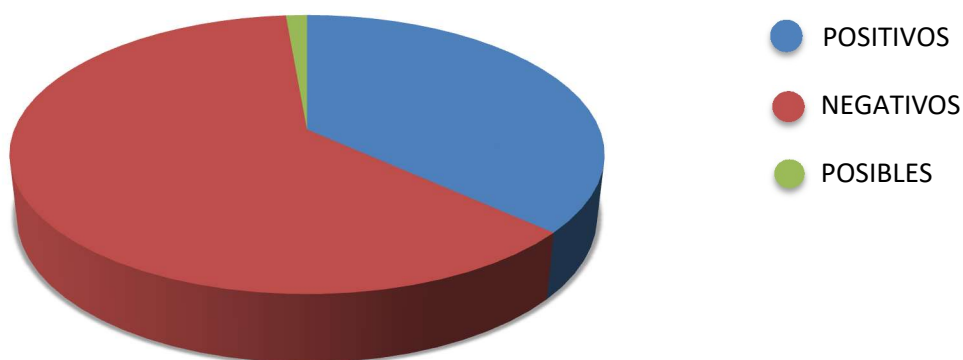


Figura IX.1: Distribución porcentual de impactos ambientales (matriz N°1). Fuente: elaboración propia, 2019.

IX.3.2 Matriz N° 2. Etapa de operación.

A continuación se presenta la tabla IX.4 con el resumen de los resultados obtenidos de la Matriz N°2 correspondiente a la etapa de operación del proyecto de reestructuración de caminos internos.

No evaluados:	10		
Total X-Y:	0		
POSITIVOS (+)		NEGATIVOS (-)	
EVALUADOS			
Total	38	Total	12
IMPORTANCIA			
Menor	15	Menor	10
Mediana	4	Mediana	2
Mayor	19	Mayor	
RIESGO DE OCURRENCIA			
Cierta	38	Cierta	12
Posible		Posible	
DURACIÓN			
Temporaria		Temporaria	1
Recurrente	32	Recurrente	11
Permanente	6	Permanente	
TÉRMINO DE OCURRENCIA			
Inmediato	32	Inmediato	12
Mediato	6	Mediato	
Largo plazo		Largo plazo	
REVERSIBILIDAD			
A corto plazo		A corto plazo	2
A mediano plazo		A mediano plazo	
A largo plazo		A largo plazo	
Irreversible		Irreversible	
No considerado	38	No considerado	10
EXTENSIÓN AREAL			
Focalizada	13	Focalizada	11
Local	15	Local	1
Regional	10	Regional	
Global		Global	
NECESIDAD DE MONITOREO			
Sí		Sí	
No	38	No	12

Tabla IX.4: Resultados obtenidos de matriz N°2. Fuente: elaboración propia, 2019.

La tabla IX.5 contempla un resumen de los resultados arrojados por la tabla IX.4 donde se analizan los porcentajes de impactos positivos y negativos.

Elementos Analizados	Total	% Casilleros	% Impactos
Casilleros de la Matriz			
N° de Casilleros que DEMANDAN Evaluación	0	0,00%	---
N° de Casilleros que NO DEMANDAN Evaluación	50	100,00%	---
Cantidad Total de Casilleros	50	100,00%	---
Impactos			
POSITIVOS	38	---	76,00%
NEGATIVOS	12	---	24,00%
X-----Y	0	---	0,00%
Total Casilleros Evaluados	50	---	100,00%

Tabla IX.5: Resumen de resultados de matriz N°2. Fuente: elaboración propia, 2019.

Analizando los resultados de la Tabla IX.5 se observa, que de un total de 50 casilleros correspondientes a potenciales impactos posibles de considerar, en función de los efectos generados por la puesta de servicio de la obra, el 100% de los casilleros, no resultan factibles y/o necesarios de estar sujetos a evaluación, porque la acción analizada no genera efectos que la requiera.

De los impactos evaluados, el 76% son positivos y el 24% negativos.

En el gráfico, se representan en forma de porcentaje, los resultados obtenidos.

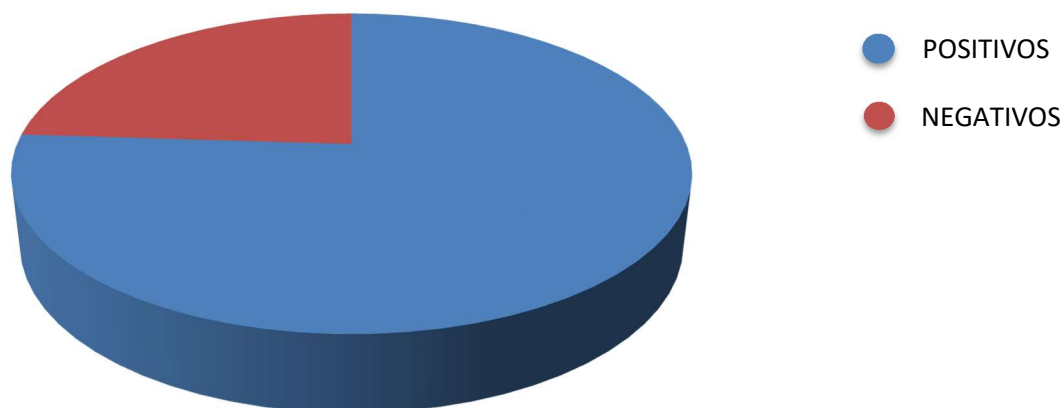


Figura IX.2: Distribución porcentual de impactos ambientales (matriz N°2). Fuente: elaboración propia, 2019.

IX.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GLOBALES OBTENIDOS.

Analizando los indicadores expuestos en las tablas de construcción y operación, consideradas como una síntesis de la Matriz de Evaluación de los Impactos que sobre el medio ambiente generará la reestructuración de los caminos internos y la readecuación del sistema de evacuación pluvial de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Rafaela se observa, en primer lugar, que la misma exhibe una cantidad de casilleros evaluados (197) que representa el 28,82% del total de casilleros propuestos para la evaluación.

Esto significa que existe un elevado número de acciones (71,18%) que, por una parte, no generarán impactos con relación a determinados efectos evaluados y, por otra, que un conjunto de efectos sólo podrán ser evaluados a medida que se vayan desarrollando las acciones constructivas de la obra, en función de la tecnología y de los medios utilizados por la empresa constructora. Estos dos casos han sido definidos como casilleros que no demandan evaluación en esta etapa del proyecto. Por ello, considerando que el EIA es un elemento dinámico que demanda permanentes ajustes, una parte de los casilleros actualmente no evaluados podrán serlo luego, en función de los avances y de la puesta en marcha de la obra.

Es lógico que exista una cierta cantidad de impactos posibles, pero que resultan difíciles de calificar sin la realización de un monitoreo sistemático (0,57%), estando, en este caso, relacionados con la metodología constructiva y la tecnología que utilizará la empresa contratista.

Respecto a los resultados positivos y negativos, cabe destacar que en la etapa de construcción las acciones negativas predominan sobre las positivas ya que por lógica la construcción de la obra demanda muchas acciones perjudiciales para el Medio Ambiente. De todas maneras la mayoría es de duración temporaria, lo que implica que, una vez finalizada la obra, sus efectos desaparecerán.

En la etapa de operación, la puesta en funcionamiento y el posterior funcionamiento del predio, arroja un 76% de resultados positivos en las actividades a realizar, lo que resulta ser un buen balance entre ambas etapas.

IX.5 CONCLUSIONES.

El criterio que sustenta el presente Estudio de Impacto Ambiental, se basó en el objetivo de evaluar la viabilidad, desde el punto de vista ambiental, de la construcción de la obra, para poder obtener resultados certeros enfocados en el análisis de cada una de las actividades a realizar. Sobre la base del mencionado criterio, se analizaron las actividades en el ámbito del medio biofísico y del medio socioeconómico.

De esta manera y en función de todo lo expuesto, se puede afirmar que la Reestructuración de los caminos internos y la remodelación del sistema hidrológico del predio de INTA Rafaela es perfectamente viable desde el punto de vista ambiental, siempre y cuando la ejecución de las Obras correspondientes se cumpla en tiempo y forma, y con la mayor responsabilidad de la entidad o empresa constructora designada para la ejecución de los trabajos.

CAPÍTULO X

CONCLUSIÓN

X.1 CONCLUSIÓN FINAL

La E.E.A. del INTA Rafaela desarrolla actividades de investigación y divulgación de alta relevancia para el sector agropecuario en toda la región. Tener instalaciones y un predio acorde a estas tareas es fundamental para garantizar el crecimiento de la institución.

Luego de determinar mediante inspecciones que el deterioro de los caminos es considerable, se decide plantear una reconstrucción estructural, dejando de lado las soluciones superficiales utilizadas anteriormente por el departamento de mantenimiento de INTA Rafaela.

La tasa de deterioro se incrementó considerablemente en los últimos años motivado por la falta de mantenimiento, obstrucciones en desagües y decisiones equívocas al momento de planificar tareas preventivas en los mismos. Todo ello, potenciado por los incrementos en las precipitaciones de la zona, principalmente afectados por los eventos meteorológicos ocurridos en marzo de 2016.

No obstante, debe tenerse en cuenta que los pavimentos, en su totalidad, han superado ampliamente su vida útil con más de treinta años en servicio.

Este proyecto satisface la necesidad de accesibilidad y transitabilidad en todo el campo experimental al proponer la reestructuración de los caminos, adecuando además las obras hidráulicas a las nuevas demandas hidrológicas y a los usos del suelo, para garantizar la durabilidad de las estructuras y evitar anegamientos que imposibiliten el normal desarrollo de las actividades.

Para llevar a cabo las tareas de reestructuración mencionadas se propone la realización de reciclado del pavimento existente con incorporación de cemento y repavimentación con carpeta de concreto asfáltico, puesto que resulta la solución técnico/económica más conveniente.

Por otro lado, se consideró la posibilidad de la construcción como ampliación de obra de la Autopista Nacional N°34, verificando la factibilidad de utilizar ítems existentes en dicha obra, para la solución de los caminos internos de la Estación (condición excluyente para hacer factible esta solución).

Aunque las especificaciones técnicas y análisis económicos de esta propuesta no fueron desarrollados puesto que se rigen por lo establecido en los pliegos y el contrato de dicha obra.

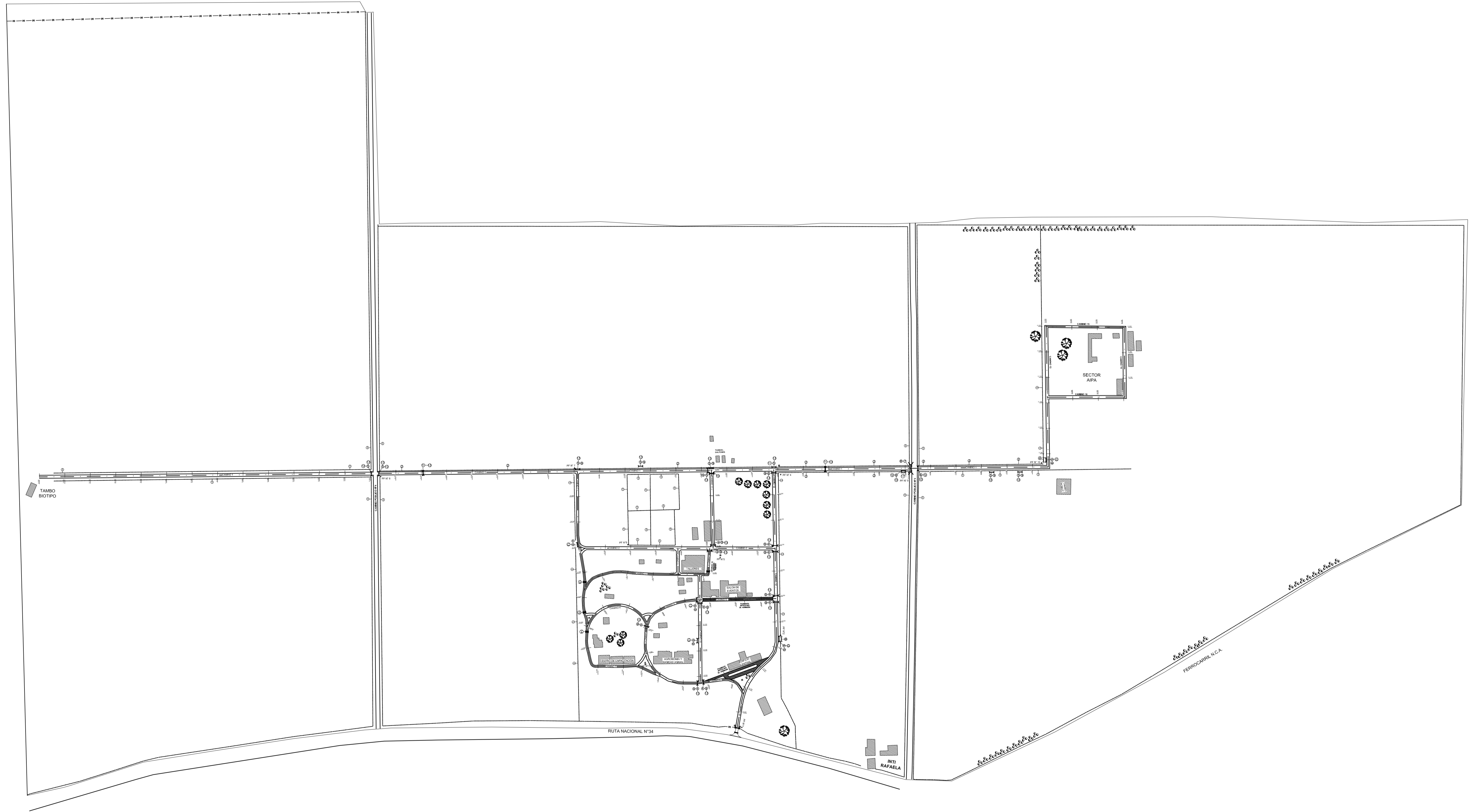
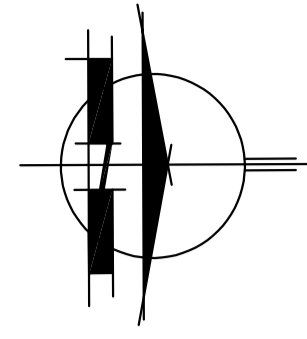
Por último, se destaca la importancia del mantenimiento para la durabilidad de este tipo de obras de infraestructura. Conservar los caminos en buen estado garantiza un alto grado de confort al transitarla y mantiene la tasa de deterioro en niveles mínimos.

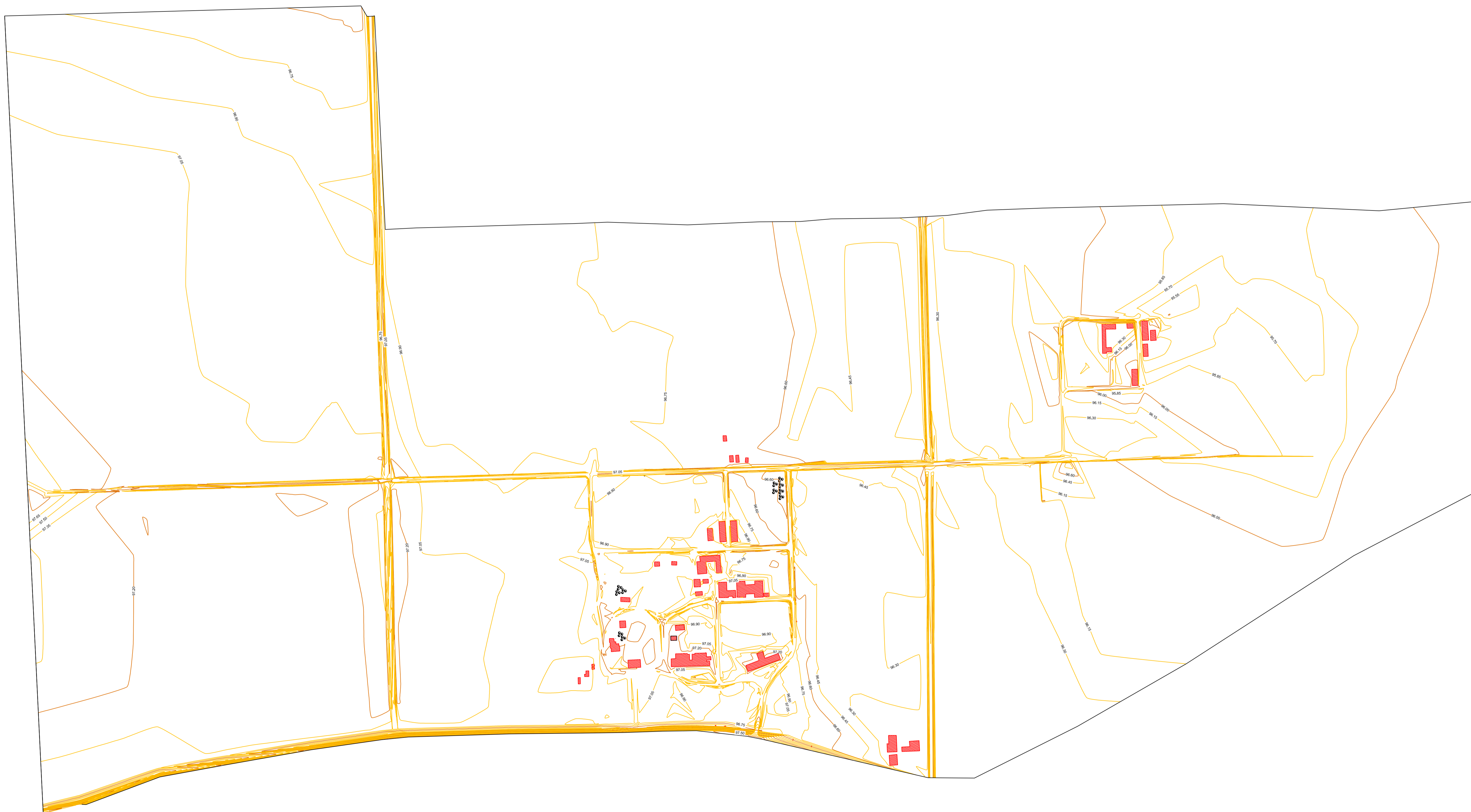
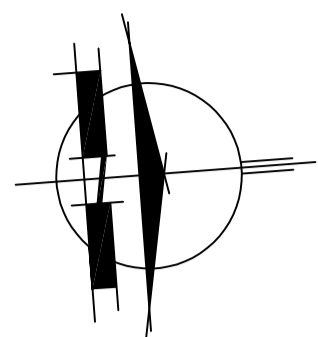
BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO, 1993. *Método para diseño de pavimentos flexibles*. Ottawa, IL.: s.n.
- Autodesk Inc., 2017. *Manual de Hydraflow*. s.l.:s.n.
- Benavides, M. F., Vidales Marin, N. & Posadas, D. A., 2013. *Patología de los Pavimentos Flexibles*. Villavicencio, Colombia: s.n.
- Carciente, J., s.f. *Carreteras, Estudio y Proyecto*. Venezuela: Ediciones Vega SRL.
- Dirección Nacional de Vialidad, 1998. *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales*. Buenos Aires: s.n.
- Dirección Nacional de Vialidad, 2017. *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales*. Buenos Aires: s.n.
- Facorro Ruiz, L., 1964. *Curso de Hidráulica*. Buenos Aires: Lib. y Edit. Alsina.
- Gabriel, B. S., 2014. *Guía de Procesos Constructivos en una Vía de Pavimento Flexible*, Bogotá: s.n.
- Gomez Estrada, Y. A. & Rojas Herrera, D. A., 2013. *Comparación entre el Método Racional y el Método del Número de Curva para la estimación de los caudales*. Bogotá, Colombia: s.n.
- Hamm AG, 2008. *Compactación en el asfaltado y obras de tierra*. 1° ed. Tirschenreuth, Alemania: s.n.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente - Univ. Rafael Landivar, 2013. *Manual para la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de caminos rurales con enfoque de gestión y adaptación a la variabilidad del cambio climático*. Guatemala: s.n.
- Keller, G. & Sherar, J., 2004. *Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales*. California: s.n.
- Menendez Acurio, J. R., 2009. *Ingeniería de Pavimentos - Materiales, diseño y conservación*. 1° ed. Lima, Perú: Fondo Editorial ICG.
- Monsalve Sáenz, G., 1999. *Hidrología en la Ingeniería*. 2° Edición ed. Bogotá: Alfaomega.
- Páramo, J. A., 2018. *Compactación de Mezclas Asfálticas*, Arroyito, Córdoba: s.n.
- Páramo, J. A., 2018. *Dosificación de Mezclas Asfálticas*, Arroyito, Córdoba: s.n.
- Páramo, J. A., 2018. *Producción de mezclas asfálticas*, Arroyito, Córdoba: s.n.
- Páramo, J. A., 2018. *Riegos de imprimación y liga*, Arroyito, Córdoba: s.n.
- Trimble Navigation Limited, 2015. *Trimble Acces - Topografía General*. s.l.:s.n.
- Trimble Navigation Limited, 2016. *Trimble R8s GNSS Receiver - Guía de Usuario*. s.l.:s.n.
- Wirtgen GmbH., 2004. *Manual de Reciclado en Frío*. 2° ed. Windhagen, Alemania: s.n.

ANEXO 1

PLANOS DE OBRA BÁSICA





Proyecto Final: Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos internos de la E.E.A. INTA Rafaela		
Curvas de nivel		2 de 27
	UTN - Facultad Regional Rafaela	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
	Departamento de Ingeniería Civil	e: 1:4000 Diciembre 2019

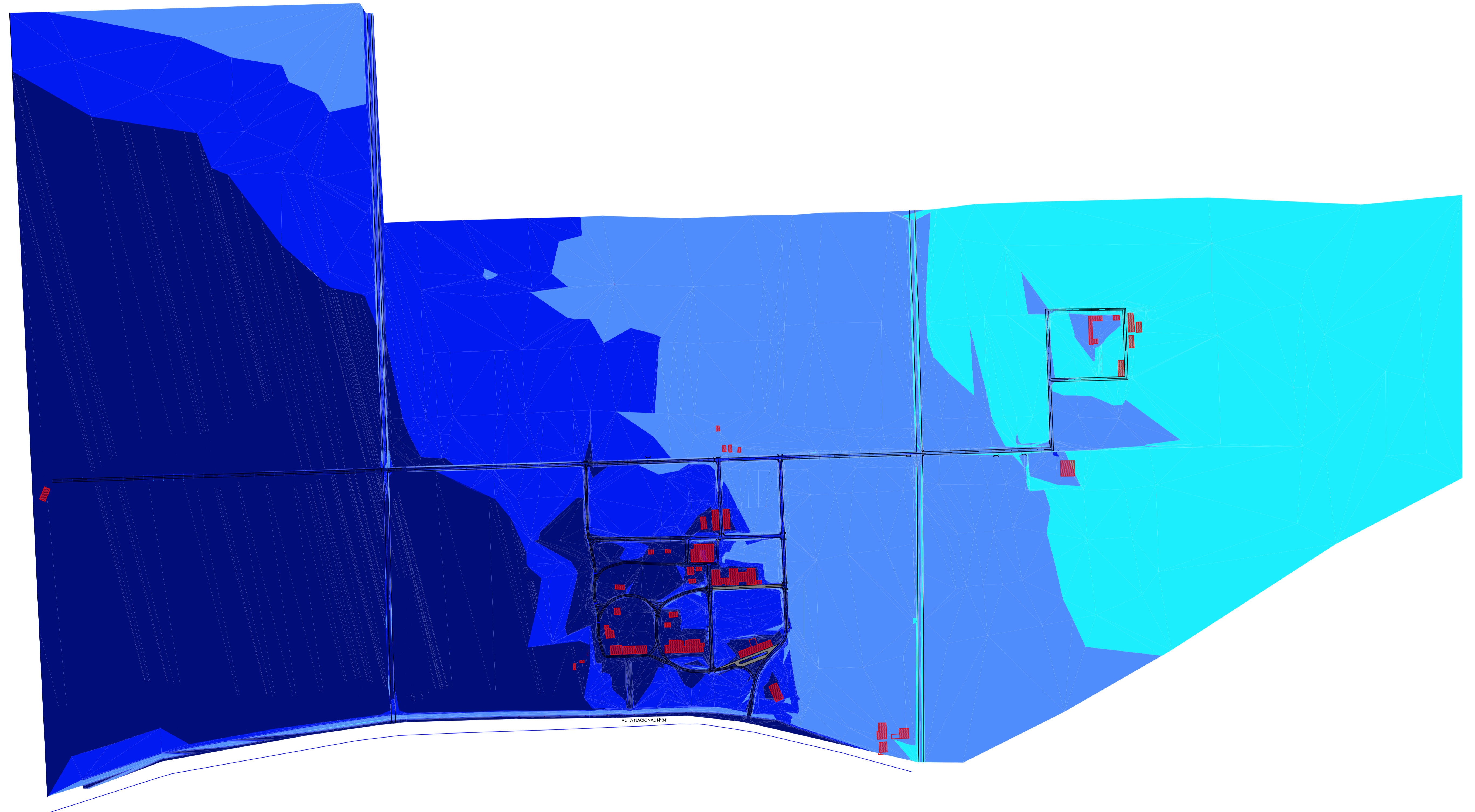
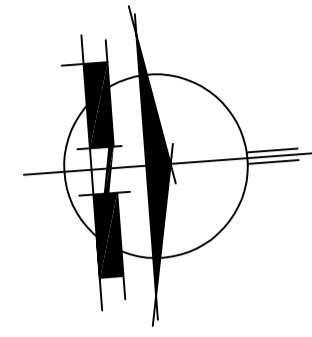
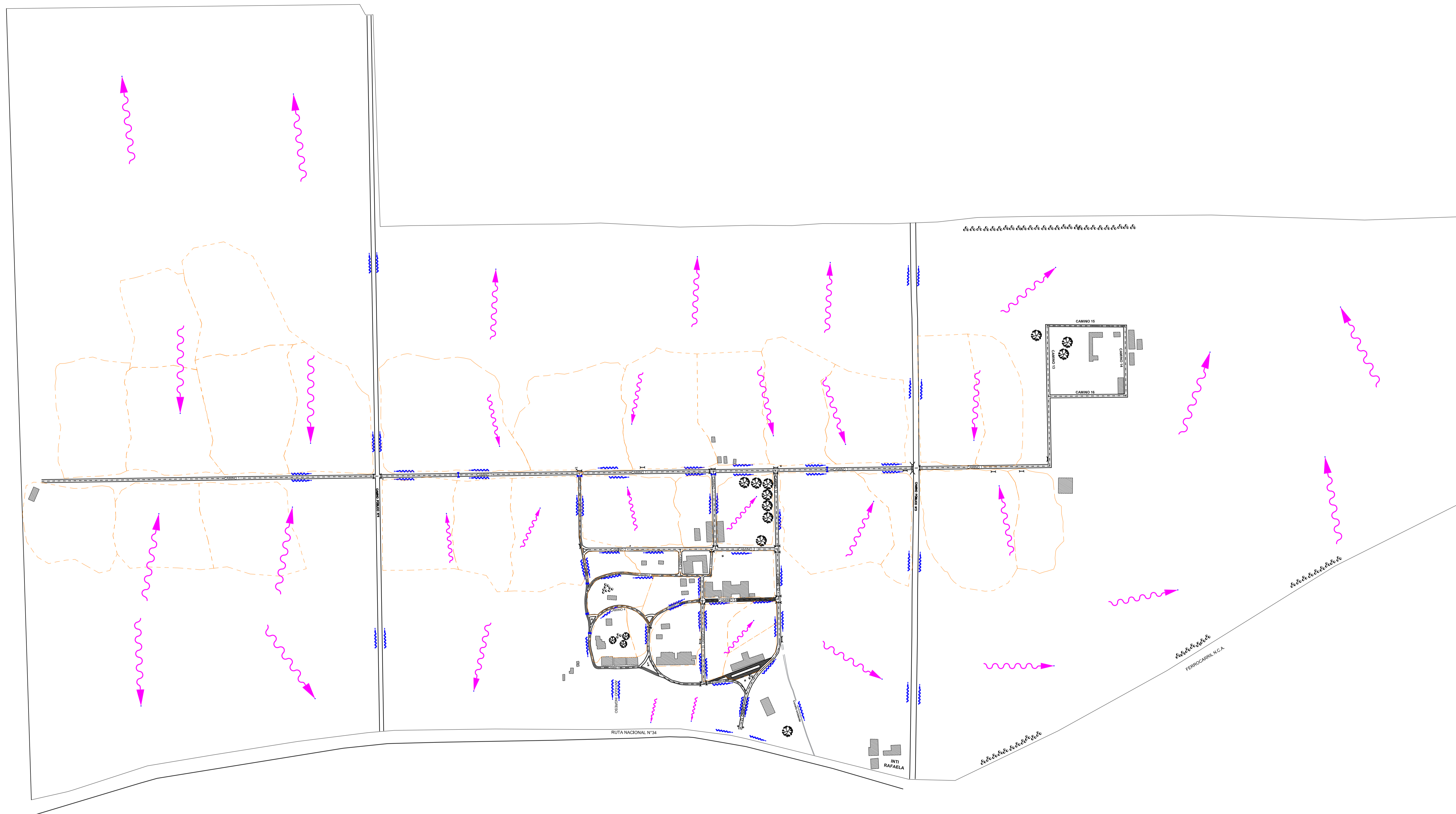
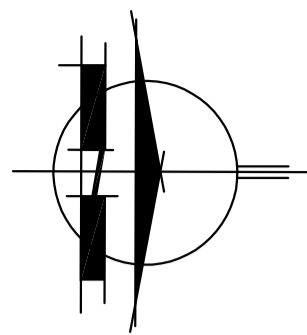





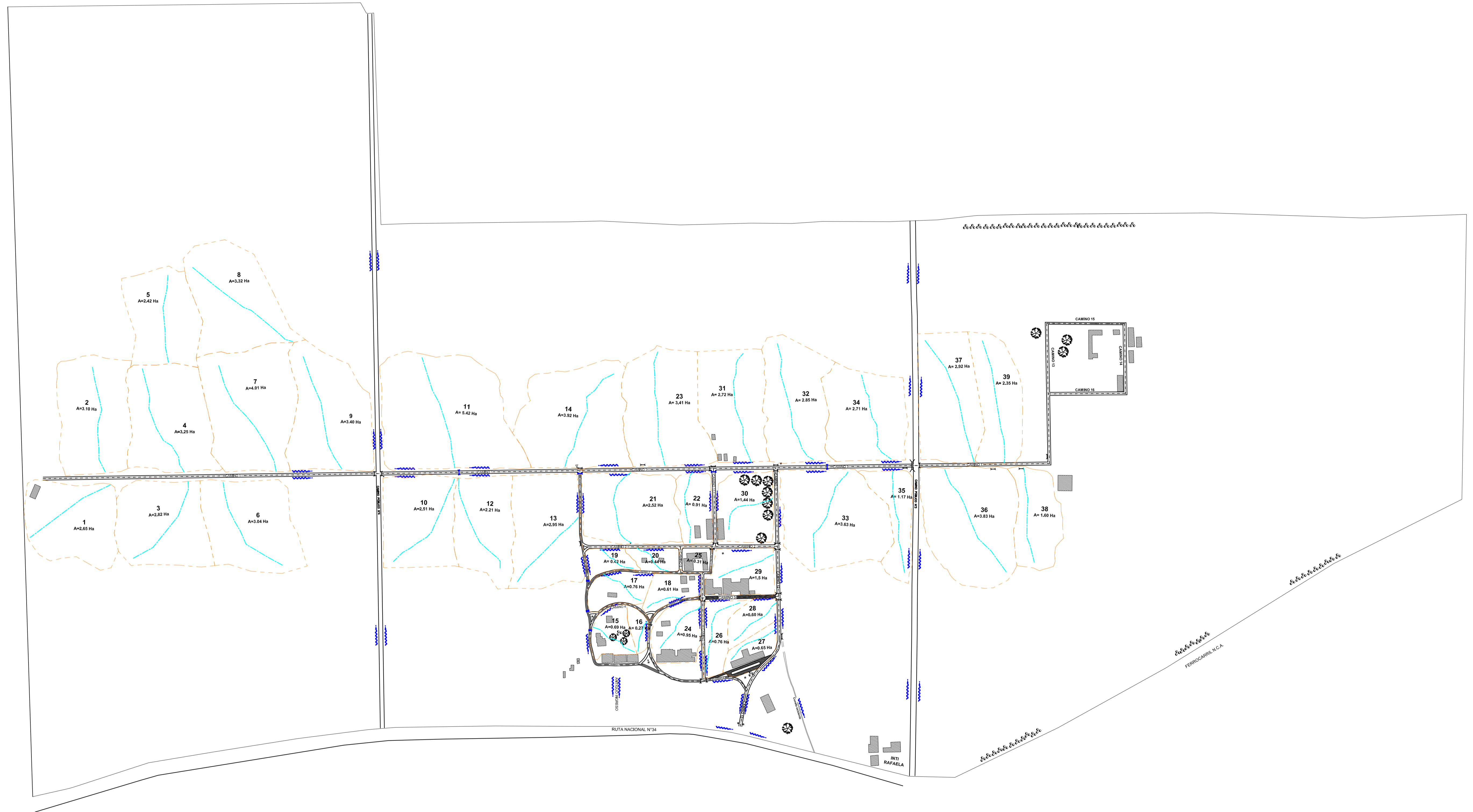
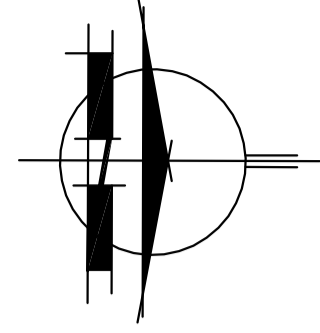
Tabla de Elevaciones

Número	Elevación mínima	Elevación máxima	Color
1	95.18	96.20	Cyan
2	96.20	96.75	Light Blue
3	96.75	97.00	Dark Blue
4	97.00	98.52	Very Dark Blue



REFERENCIAS:

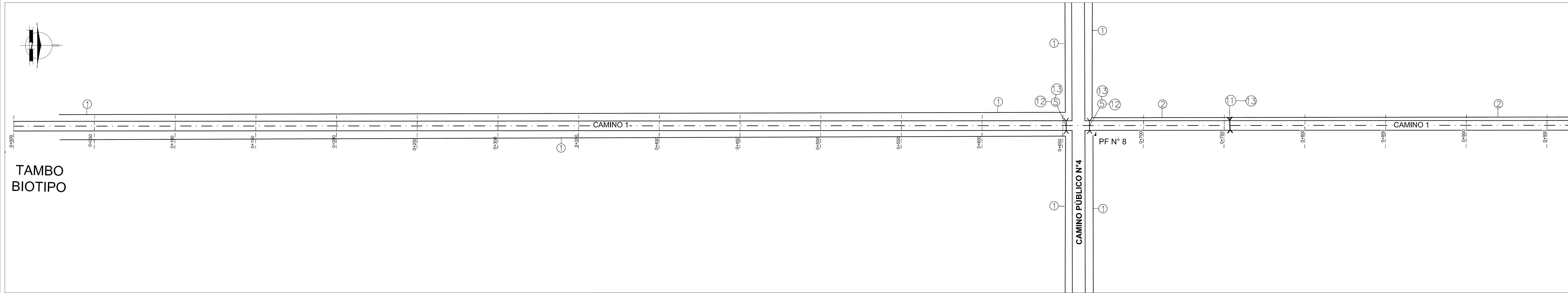
-  E scorrimiento natural de aguas.
-  E scorrimiento de agua en cunetas.
-  Líneas divisorias de sub-cuencas.



REFERENCIAS:

- Escurrimiento de agua en cunetas.
- Líneas divisorias de sub-cuencas.
- Máximo recorrido de escurrimiento en sub-cuencas (Lh).

Proyecto Final: Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos internos de la E.E.A. INTA Rafaela		
Distribución de sub-cuencas		5 de 27
UTN - Facultad Regional Rafaela Departamento de Ingeniería Civil	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando	
	e: 1:4000 Diciembre 2019	



Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

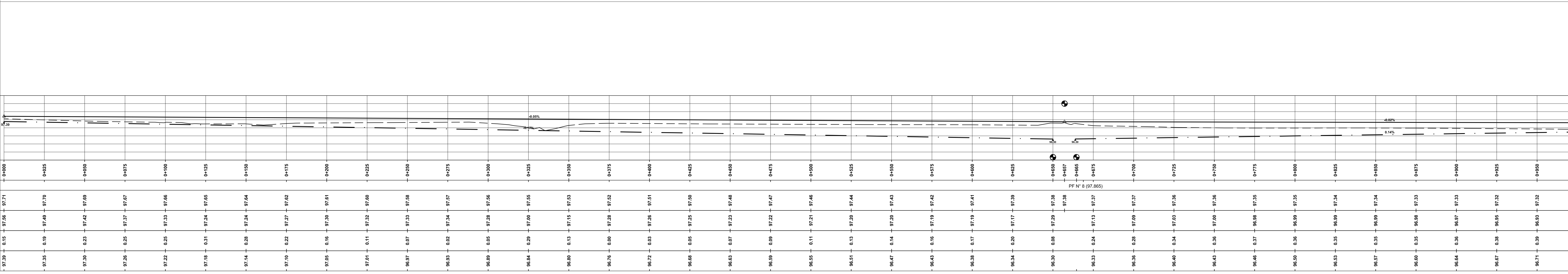
Planialtimetría Camino N°1 6 de 27

UTN - Facultad Regional Rafaela ALUMNOS:
CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
Departamento de Ingeniería Civil ev: 1:100 - eh: 1:2500 Diciembre 2019

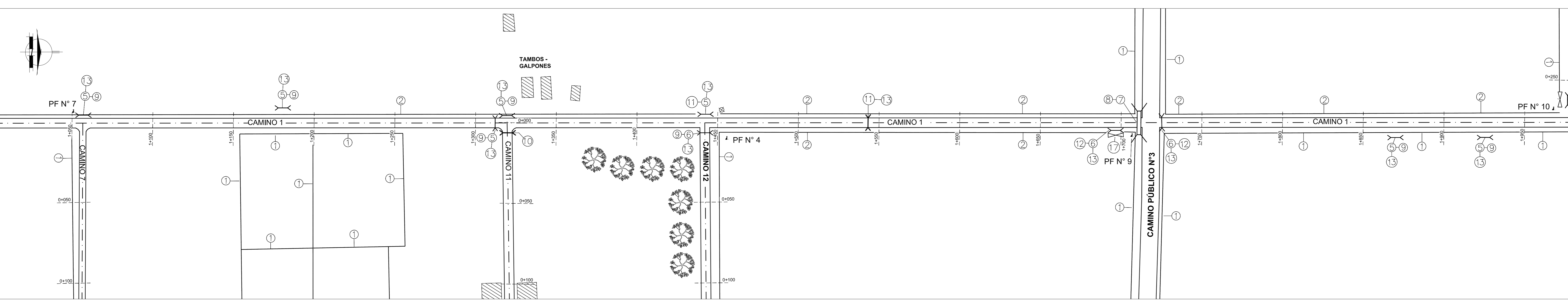
CAMINO 1 - PROGRESIVAS ①+000.00 ①+950.00

REFERENCIA NUMÉRICA	
① Alambrado existente a conservar.	
② Alambrado existente a reubicar.	
⑤ Alc. existente Ø50 cm.	
⑪ Alcantarilla a construir Ø60 cm.	
⑫ Alcantarilla a construir Ø80 cm.	
⑬ Cabezal de H"A" premold. a construir.	

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA	
⊙	Punto tipo
—	Alcantarilla - Tranquera
⊙	Arbol - Ligustro
⊙	Farda
—	Línea de alambrado



PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FLOJOS	—————
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	—————
COTAS DE DESAGUE	- - - - -



Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

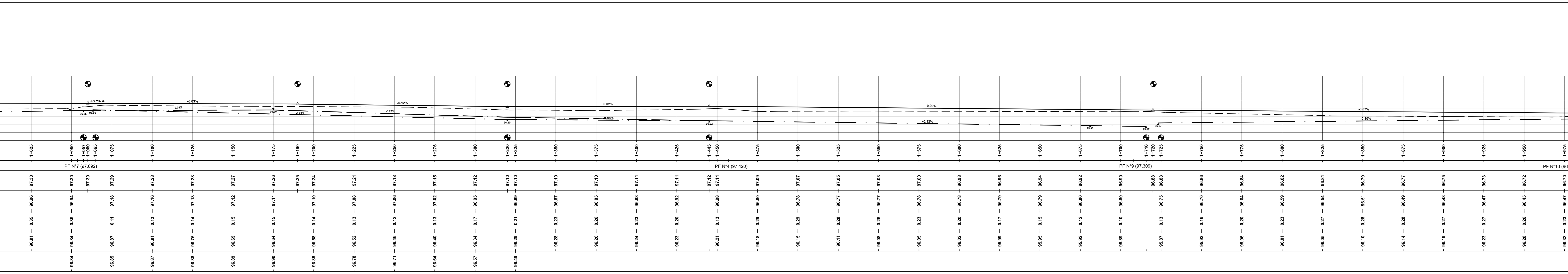
Planialtimetría Camino N°1 7 de 27

UTN - Facultad Regional Rafaela ALUMNOS:
CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
Departamento de Ingeniería Civil ev: 1:100 - eh: 1:2500 Diciembre 2019

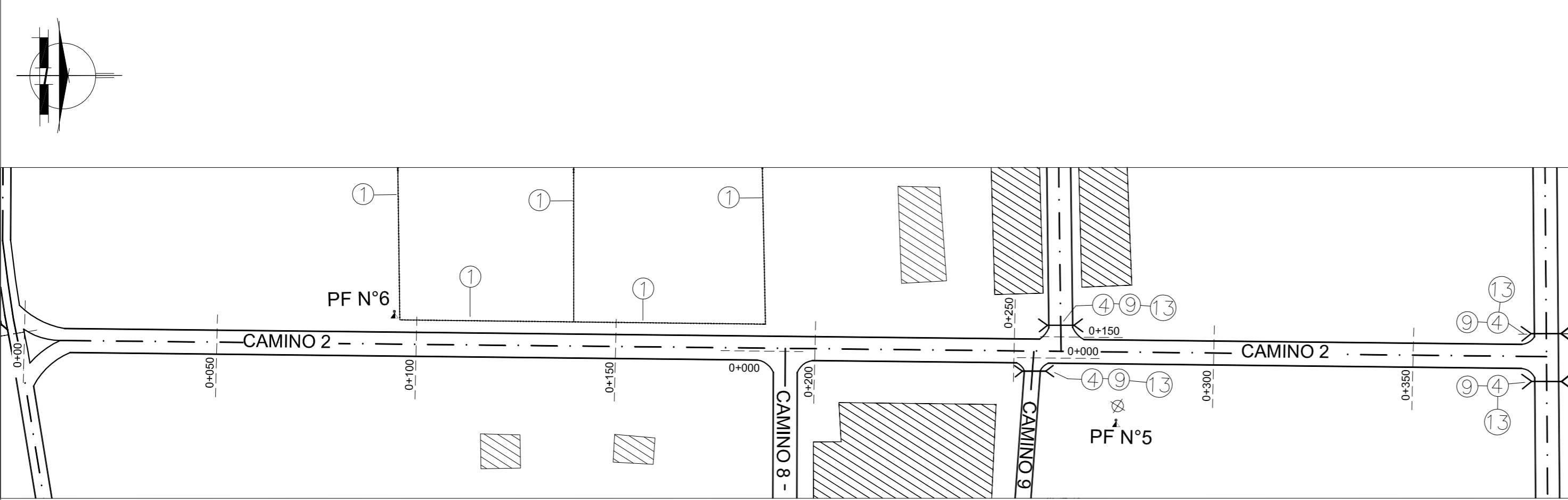
PROGRESIVAS ①+000.00 ①+981.00

REFERENCIA NUMÉRICA	
① Alambrado existente a conservar.	⑨ Alcantarilla a reubicar s/ nueva cota.
② Alambrado existente a reubicar.	⑩ Alcantarilla a construir Ø40 cm.
⑤ Alc. existente Ø50 cm.	⑪ Alcantarilla a construir Ø60 cm.
⑥ Alc. existente Ø60 cm.	⑫ Alcantarilla a construir Ø80 cm.
⑦ Alc. existi. 80 x 80 cm.	⑬ Cabezal de H"A" premold. a construir.
⑧ Alcantarilla existente a conservar.	⑰ Tranquera existente a trasladar.

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA	
⊙	Punto tipo
—	Alcantarilla - Tranquera
⊙	Arbol - Ligustro
⊙	Farda
—	Línea de alambrado



PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FLOJOS	—————
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	—————
COTAS DE DESAGUE DERECHO	—————
COTAS DE DESAGUE IZQUIERDO	- - - - -



Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos internos de la E.E.A. INTA Rafaela

8 de 27

Planialtimetría Camino N°2

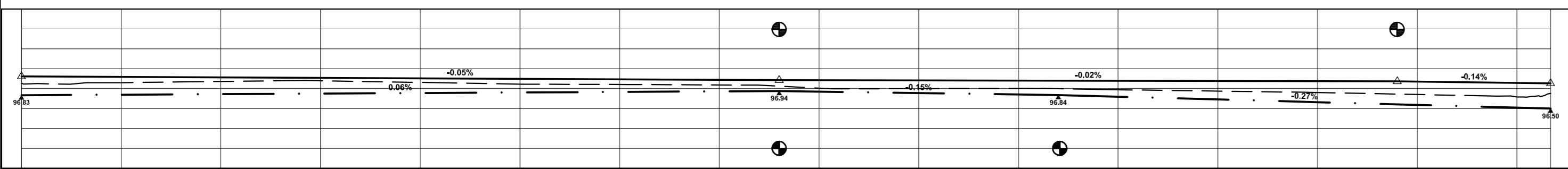
UTN - Facultad Regional Rafaela ALUMNOS:
 CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando

Departamento de Ingeniería Civil ev: 1:100 - eh: 1:2500 Diciembre 2019

CAMINO 2 - PROGRESIVAS 0+000.00 0+383.00

REFERENCIA NUMÉRICA	
1	Alambrado existente a conservar.
4	Alc. existente Ø40 cm.
9	Alcantarilla a reubicar s/ nueva cota. <small>Total lámina: 4 un.</small>
13	Cabezal de H°A° premold. a construir. <small>Total lámina: 8 un.</small>

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA	
PF	Punto fijo
C	Alcantarilla - Tranquera
A	Árbol - Ligustro
F	Farola
---	Línea de alambrado



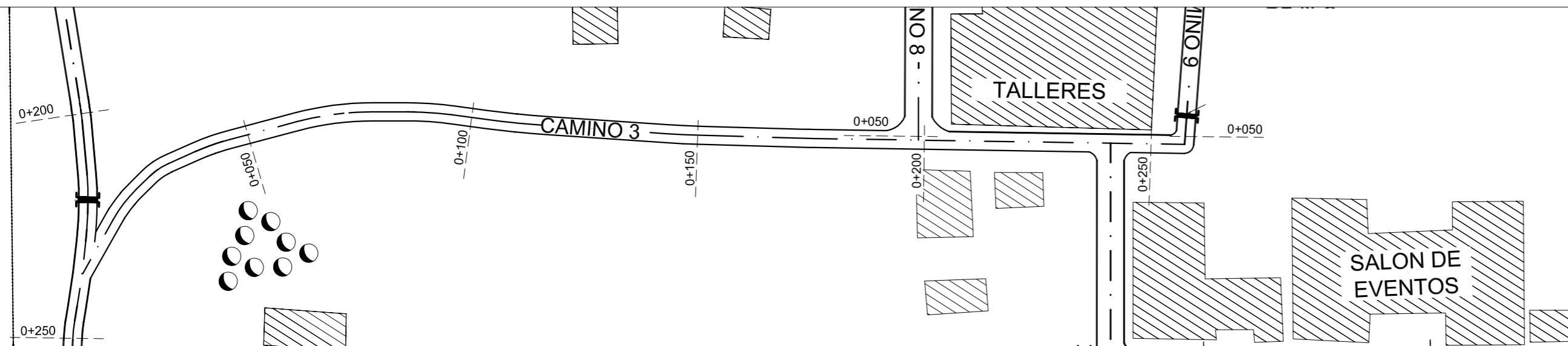
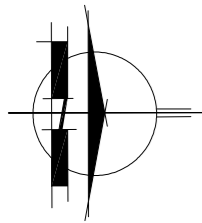
PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
0+000	—
0+025	
0+050	- - - - -
0+075	
0+100	— . — . — . —
0+125	
0+150	—
0+175	
0+190	—
0+200	
0+225	—
0+250	
0+275	—
0+300	
0+325	—
0+345	
0+350	—
0+375	
0+383	—

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
0+000	—
0+025	
0+050	- - - - -
0+075	
0+100	— . — . — . —
0+125	
0+150	—
0+175	
0+190	—
0+200	
0+225	—
0+250	
0+275	—
0+300	
0+325	—
0+345	
0+350	—
0+375	
0+383	—

PF N° 6 (97.865)

PF N° 5 (97.075)

PC 95.0

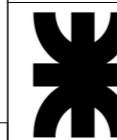


Progresiva	0+000	0+025	0+050	0+075	0+100	0+125	0+150	0+175	0+200	0+225	0+250	0+257
Cotas de Puntos Fijos	97.30	97.29	97.28	97.27	97.26	97.25	97.24	97.23	97.22	97.21	97.20	97.20
Cotas de Rasante	97.13	97.10	97.12	97.13	97.14	97.14	97.15	97.15	97.16	97.09	96.98	96.98
Diferencia	0.17	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.06	0.12	0.22	0.22
Cotas de Desague	96.75	96.77	96.79	96.80	96.82	96.84	96.86	96.88	96.87	96.82		

Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°3

9 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela
 Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:
 CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
 ev: 1:100 - eh: 1:2500
 Diciembre 2019

CAMINO 3 - PROGRESIVAS 0+000.00 0+257.00

REFERENCIA NUMÉRICA

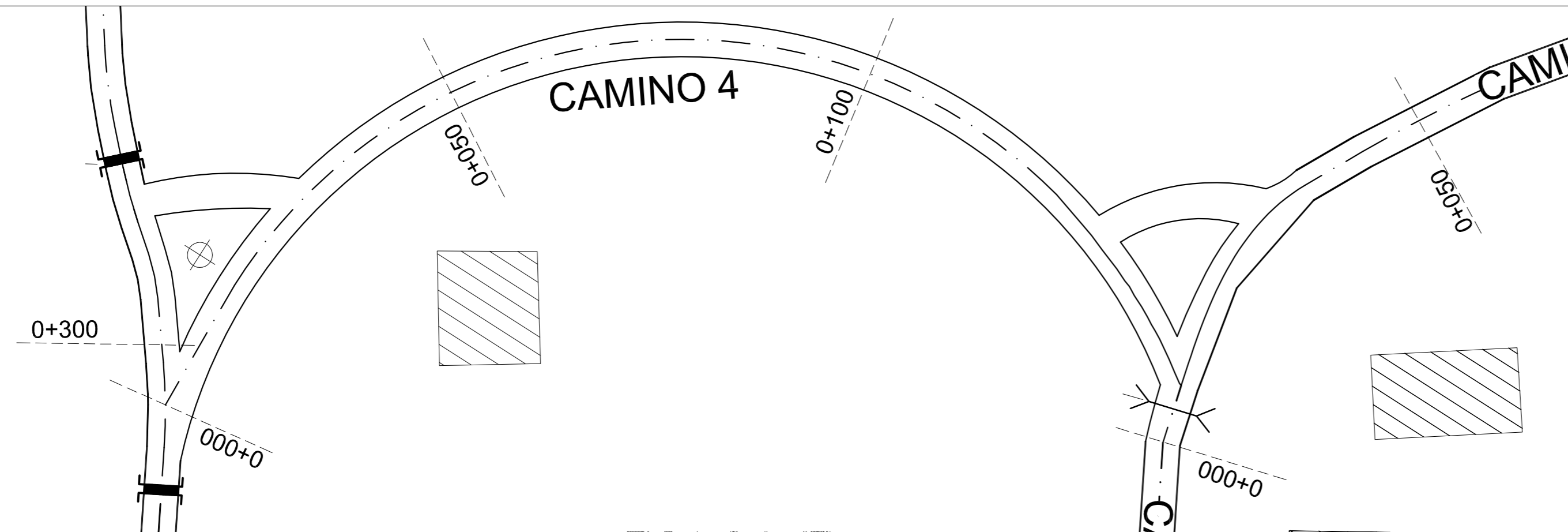
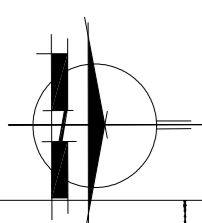
REFERENCIA NUMÉRICA	

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA

	Punto fijo		
	Alcantarilla - Tranquera		
	Árbol - Ligustro		
	Farola		
	Línea de alabrado		

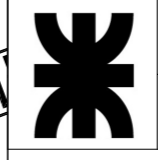
PC 96.00

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	— · — · — · —



Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°4 10 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela ALUMNOS:
 CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
 Departamento de Ingeniería Civil ev: 1:100 - eh: 1:2500 Diciembre 2019

CAMINO 4 - PROGRESIVAS 0+000.00 0+126.00

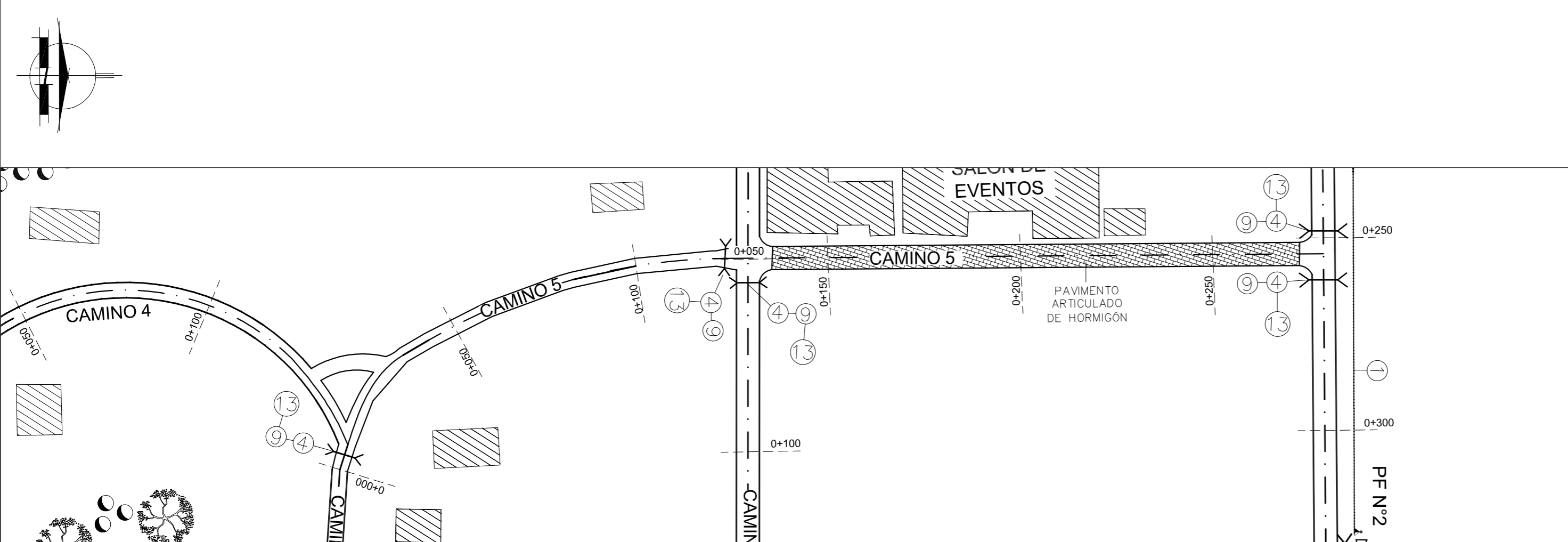
REFERENCIA NUMÉRICA	

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA	
T PF	Punto fijo
>C	Alcantarilla - Tranquera
O	Árbol - Ligustro
⊗	Farola
---	Línea de alambrado

PC 96.0

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	_____
COTAS DE OBRA BÁSICA	-----
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	— . — . — . —

0+000	0+025	0+050	0+075	0+100	0+126
97.30	97.34	97.38	97.42	97.46	97.50
97.20	97.20	97.15	97.16	97.05	97.16
0.10	0.14	0.23	0.25	0.41	0.34
COTAS A CONSERVAR					



Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos internos de la E.E.A. INTA Rafaela

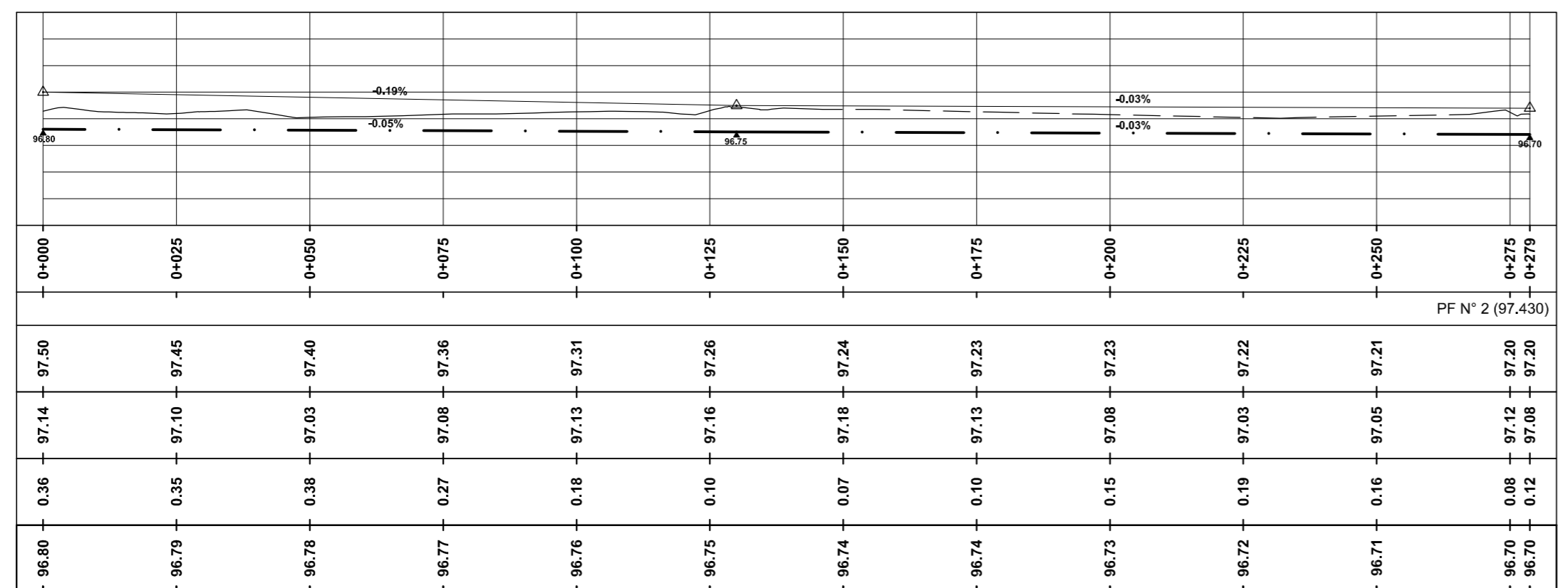
Planialtimetría Camino N°5 11 de 27

	UTN - Facultad Regional Rafaela	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando	
	Departamento de Ingeniería Civil	ev: 1:100 - eh: 1:2500	Diciembre 2019

CAMINO 5 - PROGRESIVAS **0+000.00** **0+279.00**

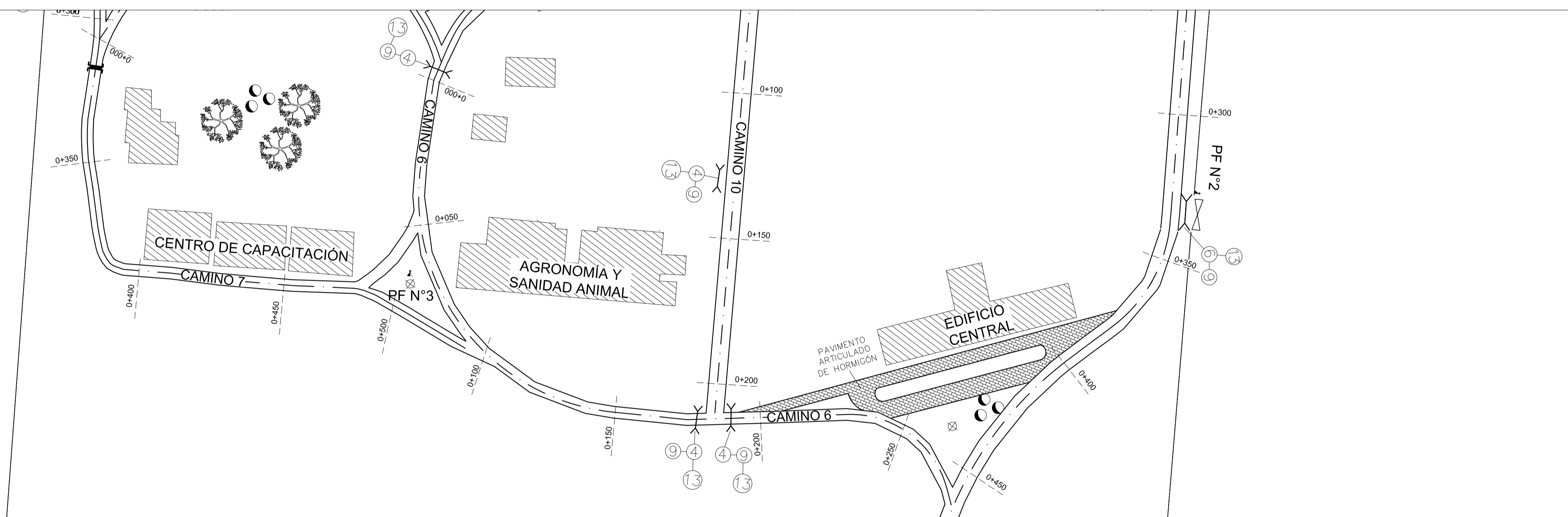
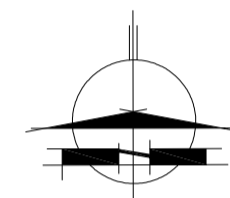
REFERENCIA NUMÉRICA	
1	Alambrado existente a conservar.
4	Alc. existente Ø40 cm.
9	Alcantarilla a reubicar s/ nueva cota. <small>Total lámina: 5 un.</small>
13	Cabezal de H°A° premold. a construir. <small>Total lámina: 10 un.</small>

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA	
	Punto fijo
	Alcantarilla - Tranquera
	Árbol - Ligustro
	Farola
	Línea de alambrado



PC 95.0

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	——— . —— . ——



Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°6 12 de 27

	UTN - Facultad Regional Rafaela	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
	Departamento de Ingeniería Civil	ev: 1:100 - eh: 1:2500 Diciembre 2019

CAMINO 6 - PROGRESIVAS 0+000.00 0+533.00

REFERENCIA NUMÉRICA

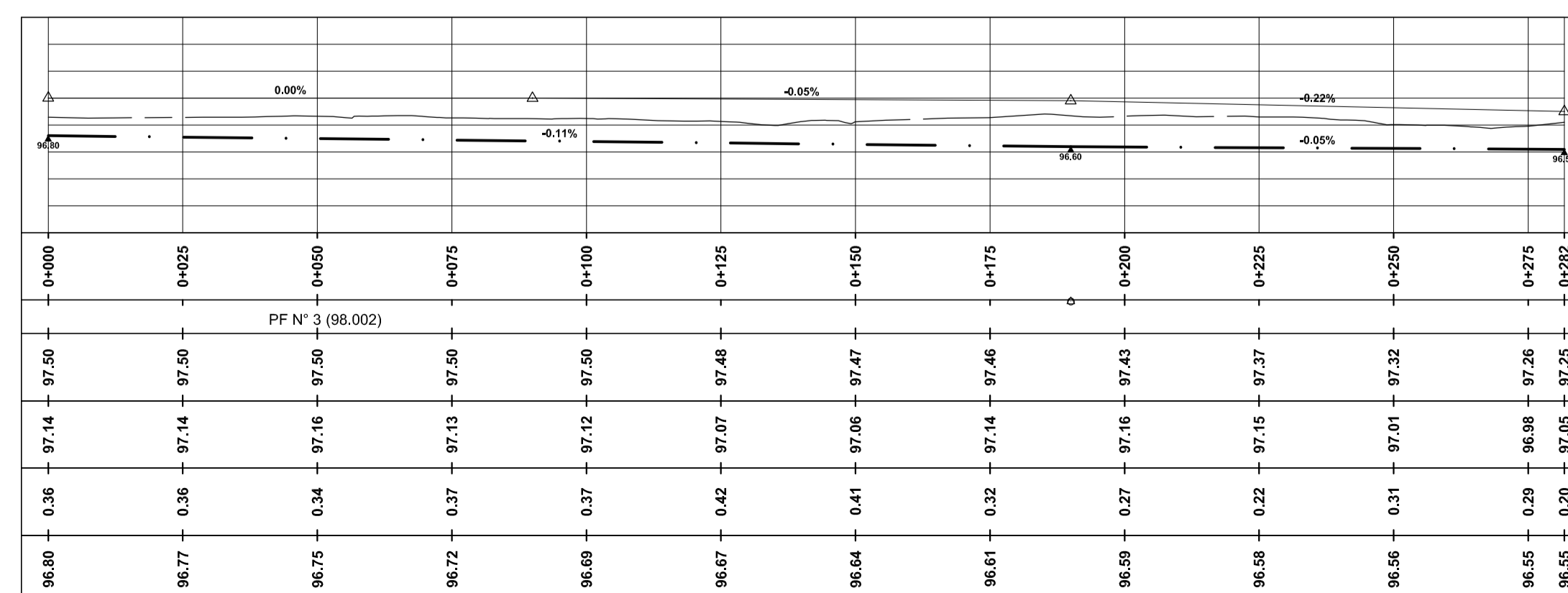
1	Alambrado existente a conservar.	
4	Alc. existente Ø40 cm.	
9	Alcantarilla a reubicar s/ nueva cota. Total lámina: 2 un.	
13	Cabezal de HªA° premold. a construir. Total lámina: 4 un.	

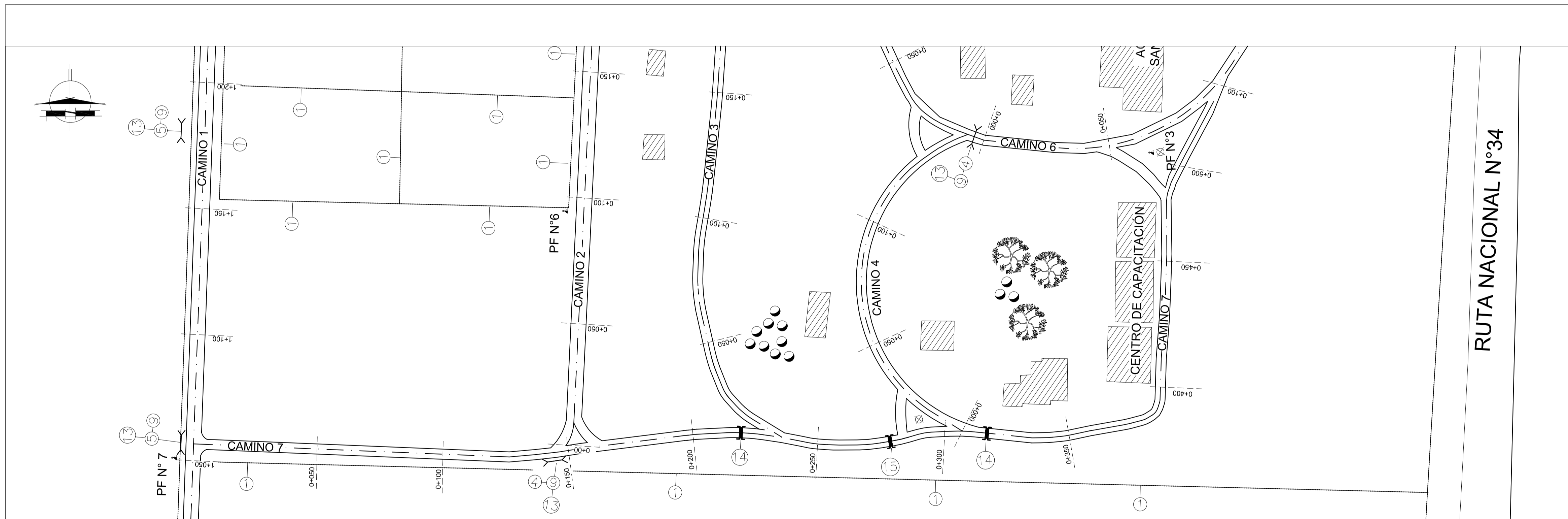
SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA

	Punto fijo	
	Alcantarilla - Tranquera	
	Árbol - Ligustro	
	Farola	
	Línea de alambrado	

PC 95.0

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	_____
COTAS DE OBRA BÁSICA	-----
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	_____





RUTA NACIONAL N°34

Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°7 13 de 27

	UTN - Facultad Regional Rafaela	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
	Departamento de Ingeniería Civil	ev: 1:100 - eh: 1:2500 Diciembre 2019

CAMINO 7 - PROGRESIVAS 0+000.00 0+533.00

REFERENCIA NUMÉRICA

1	Alambrado existente a conservar.	
4	Alc. existente Ø40 cm.	
9	Alcantarilla a reubicar s/ nueva cota. Total lámina: 1 un.	
13	Cabezal de H ² A° premold. a construir. Total lámina = 2 un.	
12	Albañal a construir s/ plano xxx. AC= 6 m - Total lámina = 2 un.	
12	Albañal a construir s/ plano xxx. AC= 6 m - Total lámina = 1 un.	

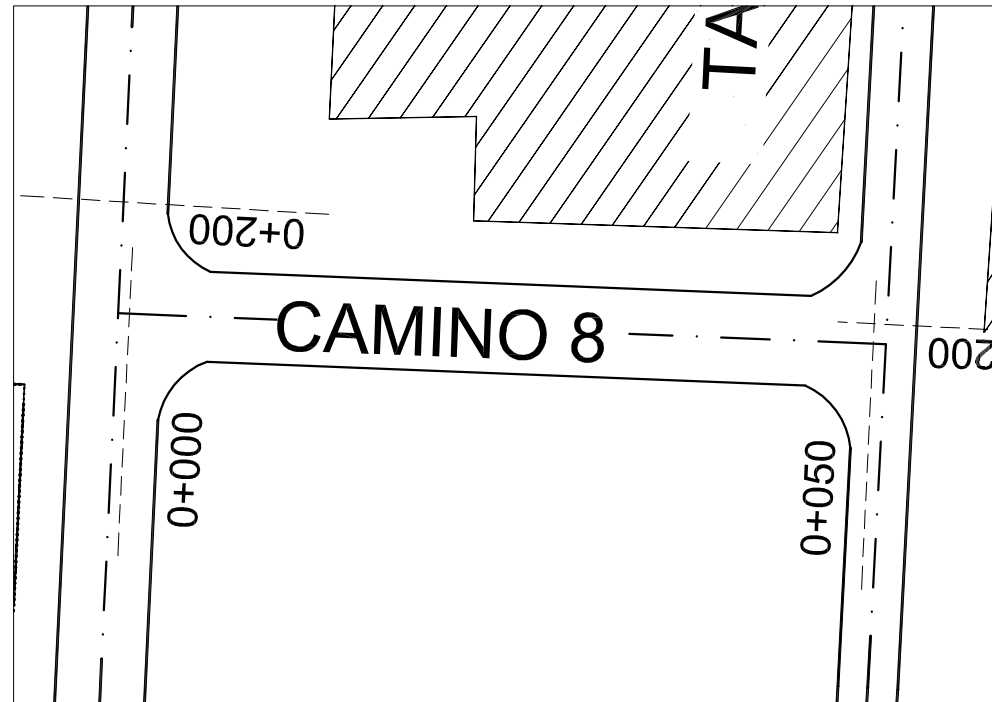
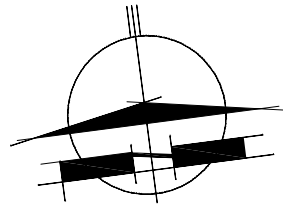
SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA

	Punto fijo		Albañal
	Alcantarilla - Tranquera		
	Árbol - Ligustro		
	Farola		
	Línea de alambrado		

PC 95.0

0+000	0+025	0+050	0+075	0+100	0+125	0+150	0+175	0+200	0+225	0+250	0+275	0+300	0+325	0+350	0+375	0+400	0+425	0+450	0+475
PF N° 7 (97.692)																			PF N° 3 (98.002)
97.31	97.31	97.31	97.30	97.30	97.30	97.30	97.30	97.30	97.30	97.30	97.30	97.30	97.30	97.32	97.32	97.37	97.40	97.43	97.45
97.08	97.15	97.19	97.21	97.17	97.13	97.14	97.14	97.15	97.18	97.20	97.20	97.22	97.21	97.23	97.24	97.21	97.19	97.19	97.19
0.23	0.16	0.12	0.09	0.13	0.17	0.16	0.16	0.15	0.12	0.12	0.10	0.08	0.09	0.09	0.10	0.16	0.21	0.24	0.26
-96.85	-96.87	-96.90	-96.92	-96.94	-96.97	-96.94	-96.92	-96.90	-96.88	-96.87	-96.85	-96.83	-96.82	-96.79	-96.75	-96.72	-96.68	-96.68	-96.68

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	_____
COTAS DE OBRA BÁSICA	-----
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	_____



0+000	0+025	0+050
97.20	97.22	97.24
97.05	97.07	97.19
-0.15	-0.16	-0.05
COTAS A CONSERVAR		

Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°8

14 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela
 Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:
 CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
 ev: 1:100 - eh: 1:2500
 Diciembre 2019

CAMINO 8 - PROGRESIVAS

0 +000.00

0 +50.00

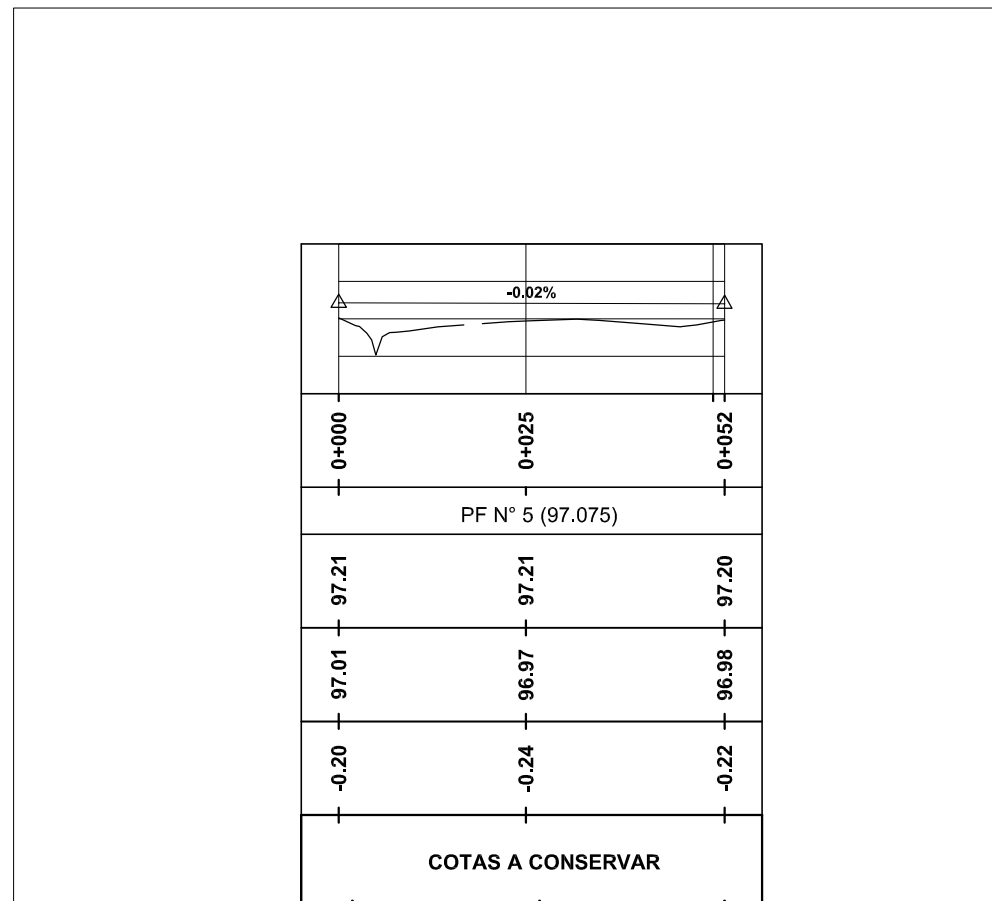
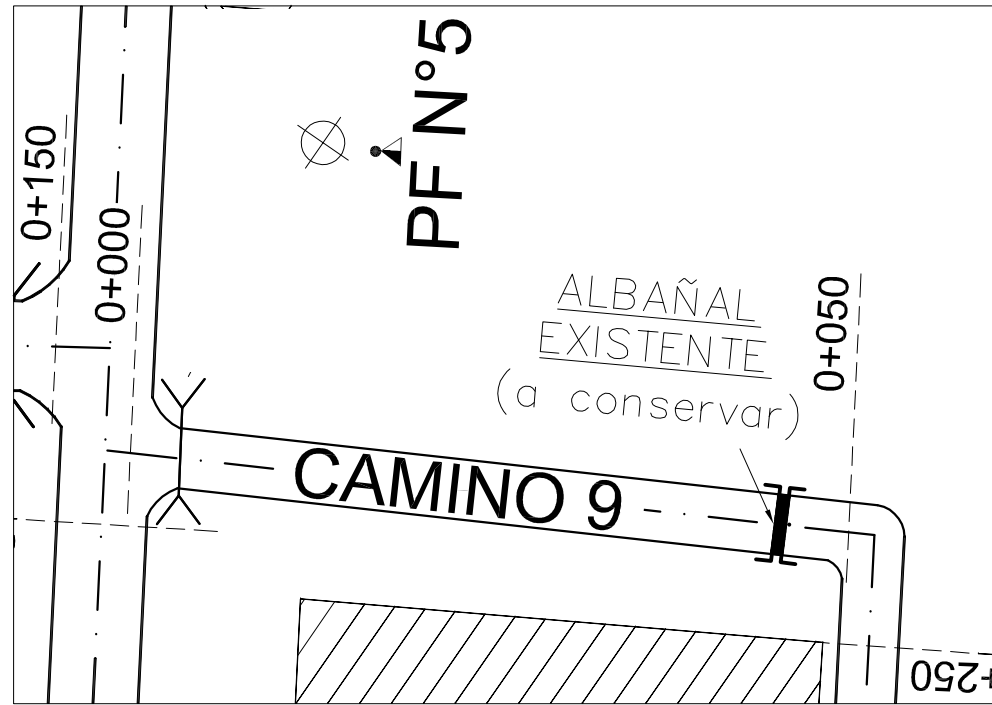
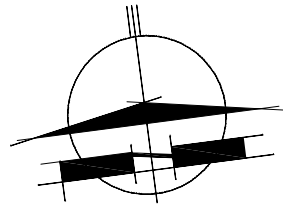
REFERENCIA NUMÉRICA

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA

	Punto fijo		Albañal
	Alcantarilla - Tranquera		
	Árbol - Ligustro		
	Farola		
	Línea de alambrado		

PC 96.00

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	——— . —— . ——



Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°9

15 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela

ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluiggi - GIRARDINI, Fernando

Departamento de Ingeniería Civil

ev: 1:100 - eh: 1:2500

Diciembre 2019

CAMINO 9 - PROGRESIVAS

0 +000.00

0 +50.00

REFERENCIA NUMÉRICA

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA

	Punto fijo		Albañal
	Alcantarilla - Tranquera		
	Árbol - Ligustro		
	Farola		
	Línea de alambrado		

PC 96.00

PROGRESIVAS

TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA

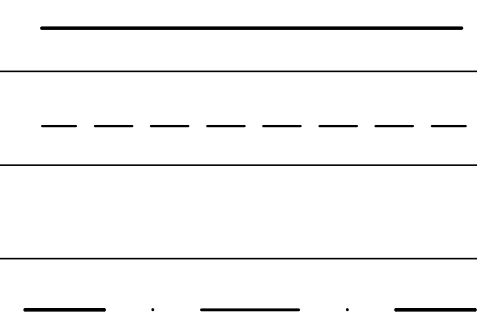
COTAS DE PUNTOS FIJOS

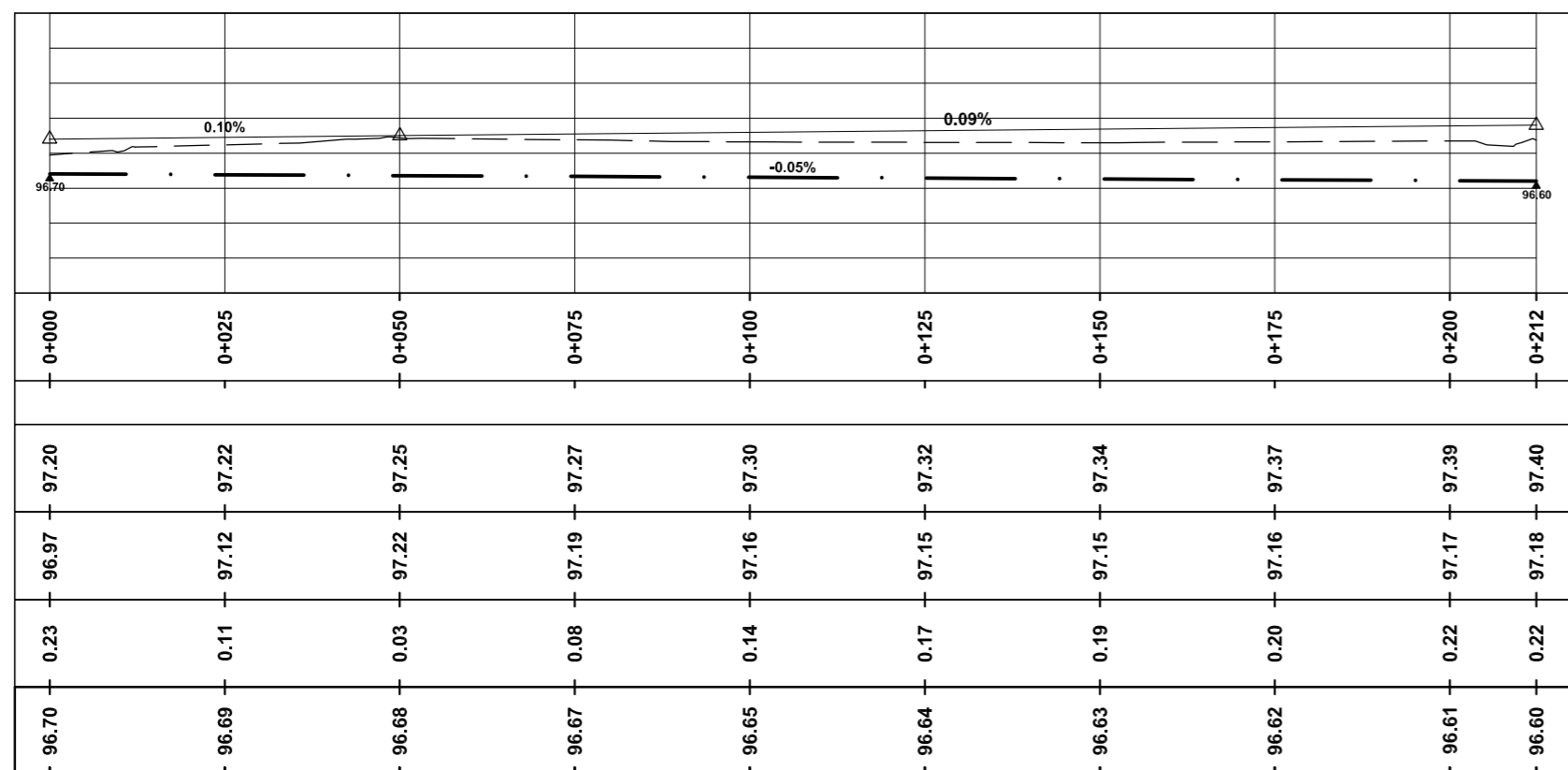
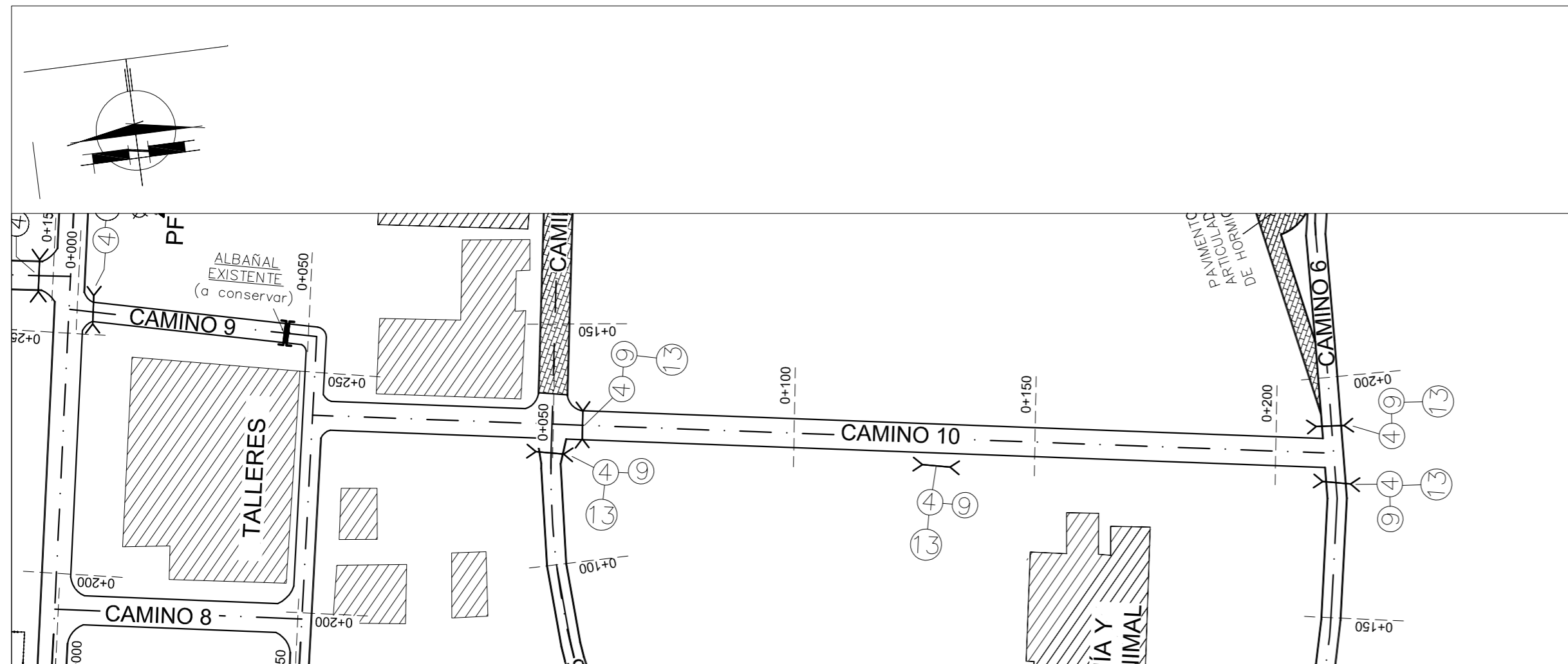
COTAS DE RASANTE

COTAS DE OBRA BÁSICA

DIFERENCIA

COTAS DE DESAGUE

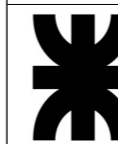




Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°10

16 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela

ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando

Departamento de Ingeniería Civil

ev: 1:100 - eh: 1:2500

Diciembre 2019

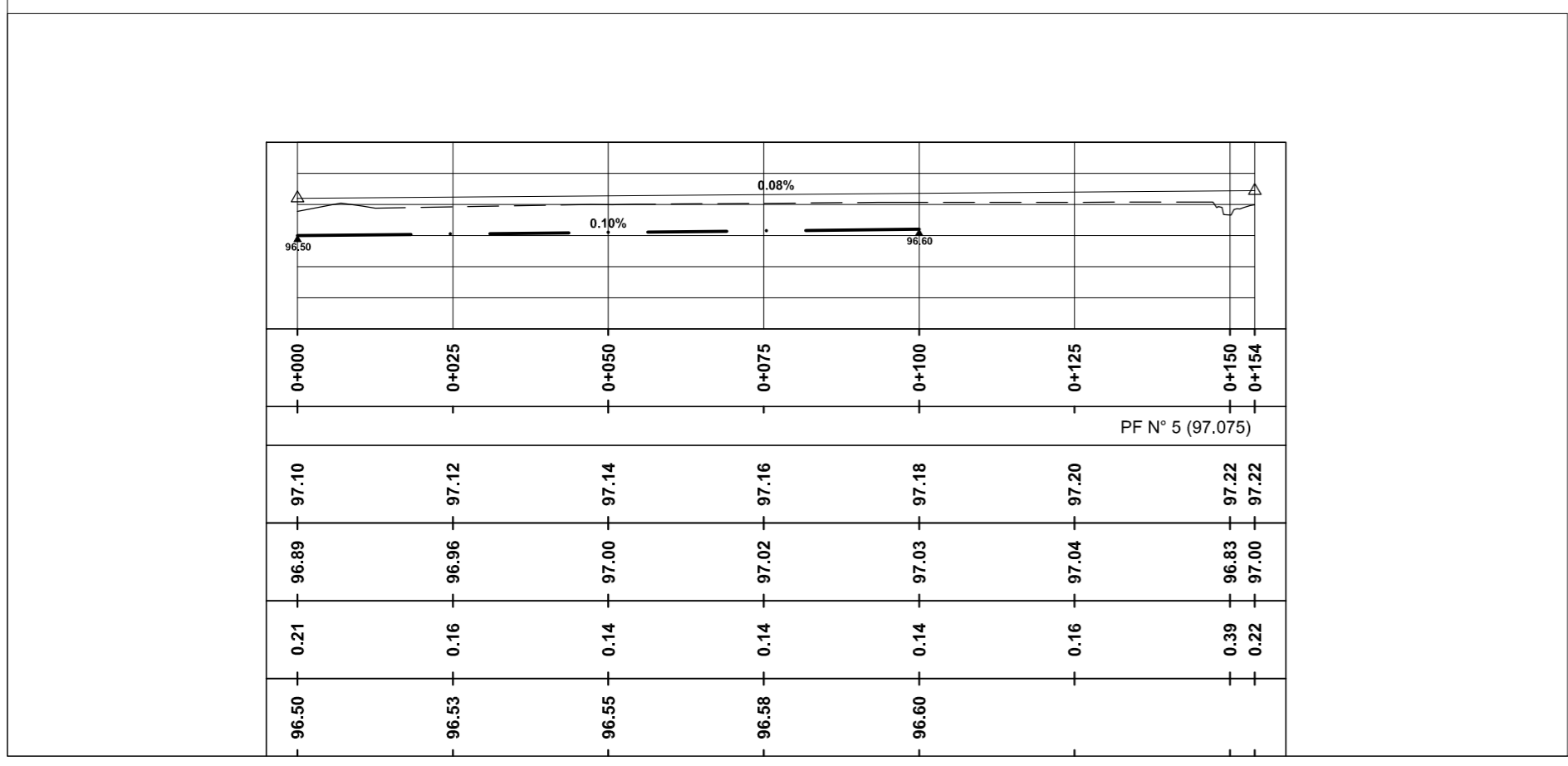
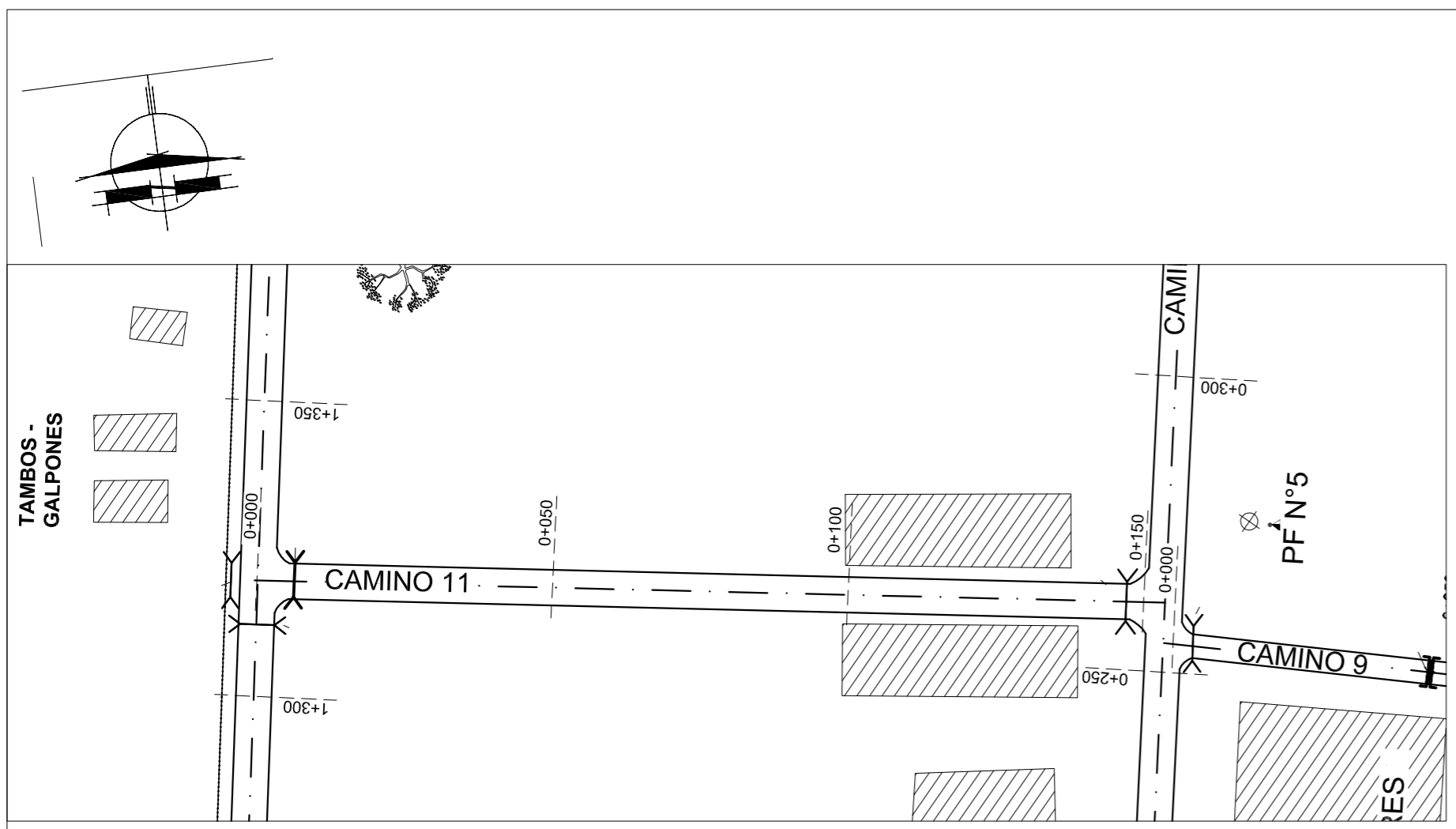
CAMINO 10 - PROGRESIVAS 0+000.00 0+533.00

REFERENCIA NUMÉRICA	
4	Alc. existente Ø40 cm.
9	Alcantarilla a reubicar s/ nueva cota. Total lámina: 1 un.
13	Cabezal de H°A° premold. a construir. Total lámina: 2 un.

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA			
PF	Punto fijo	I	Albañal
—	Alcantarilla - Tranquera		
○	Árbol - Ligustro		
⊗	Farola		
—	Línea de alambrado		

PC 95.0

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	— . — . —



Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°11 17 de 27

	UTN - Facultad Regional Rafaela	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando	
	Departamento de Ingeniería Civil	ev: 1:100 - eh: 1:2500	Diciembre 2019

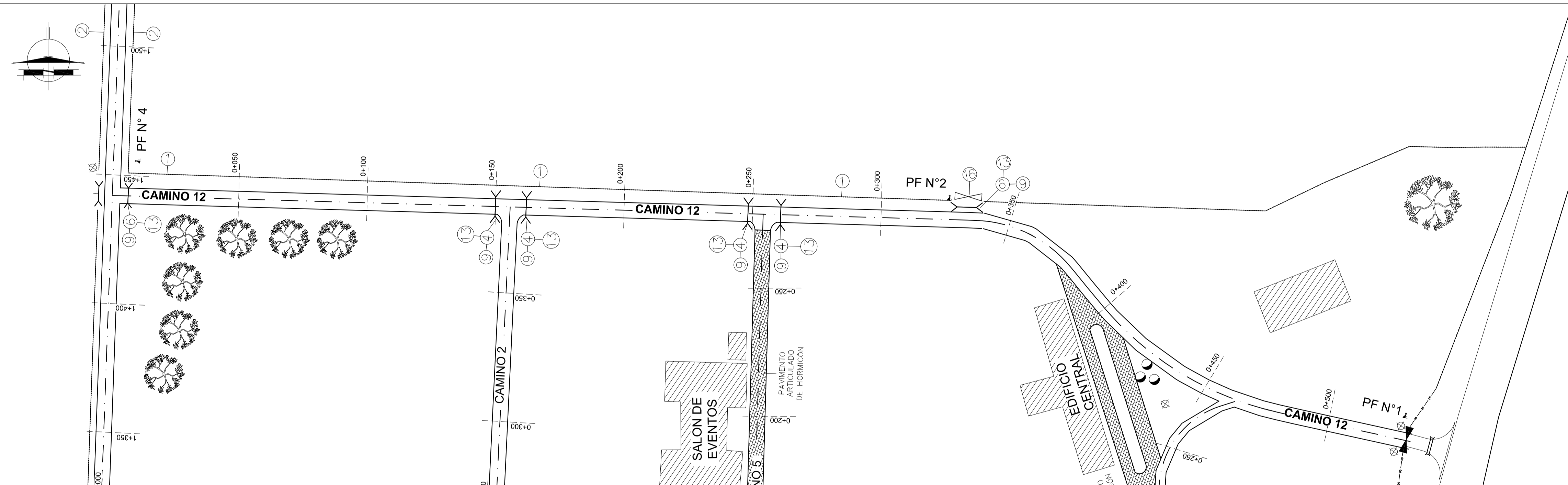
CAMINO 11 - PROGRESIVAS **0**+000.00 **0**+154.00

REFERENCIA NUMÉRICA	

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA			
	Punto fijo		
	Alcantarilla - Tranquera		
	Árbol - Ligustro		
	Farola		
	Línea de alambrado		

PC 95.0

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	- . - . - .



Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°12 18 de 27

	UTN - Facultad Regional Rafaela	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
	Departamento de Ingeniería Civil	ev: 1:100 - eh: 1:2500 Diciembre 2019

CAMINO 12 - PROGRESIVAS 0+000.00 0+533.00

REFERENCIA NUMÉRICA

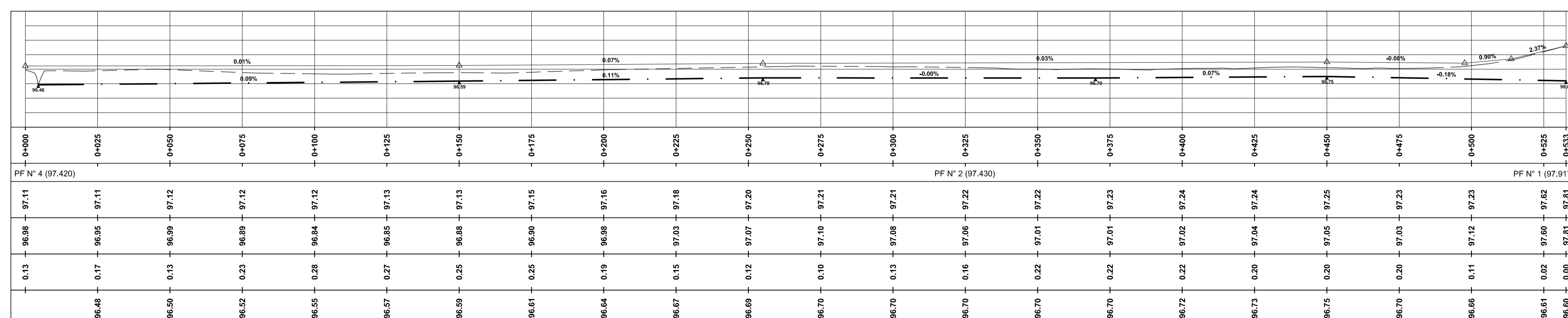
1	Alambrado existente a conservar.	
6	Alc. existente Ø60 cm.	
9	Alcantarilla a reubicar s/ nueva cota. Total lámina: 1 un.	
13	Cabezal de HªA° premold. a construir. Total lámina: 2 un.	
16	Tranquera existente a conservar.	

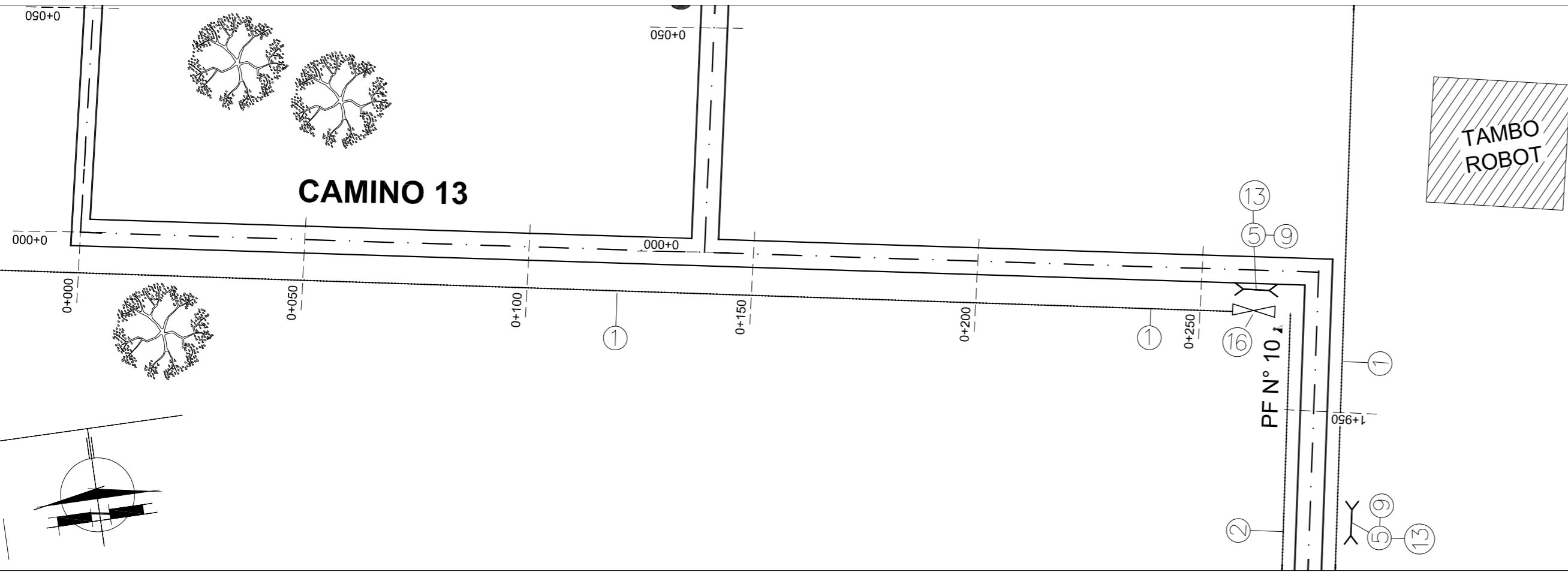
SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA

	Punto fijo	
	Alcantarilla - Tranquera	
	Árbol - Ligustro	
	Farola	
	Línea de alambrado	

PC 95.0

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	
COTAS DE OBRA BÁSICA	
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	





Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°13 19 de 27

	UTN - Facultad Regional Rafaela	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
	Departamento de Ingeniería Civil	ev: 1:100 - eh: 1:2500 Diciembre 2019

CAMINO 13 - PROGRESIVAS **0**+000.00 **0**+276.00

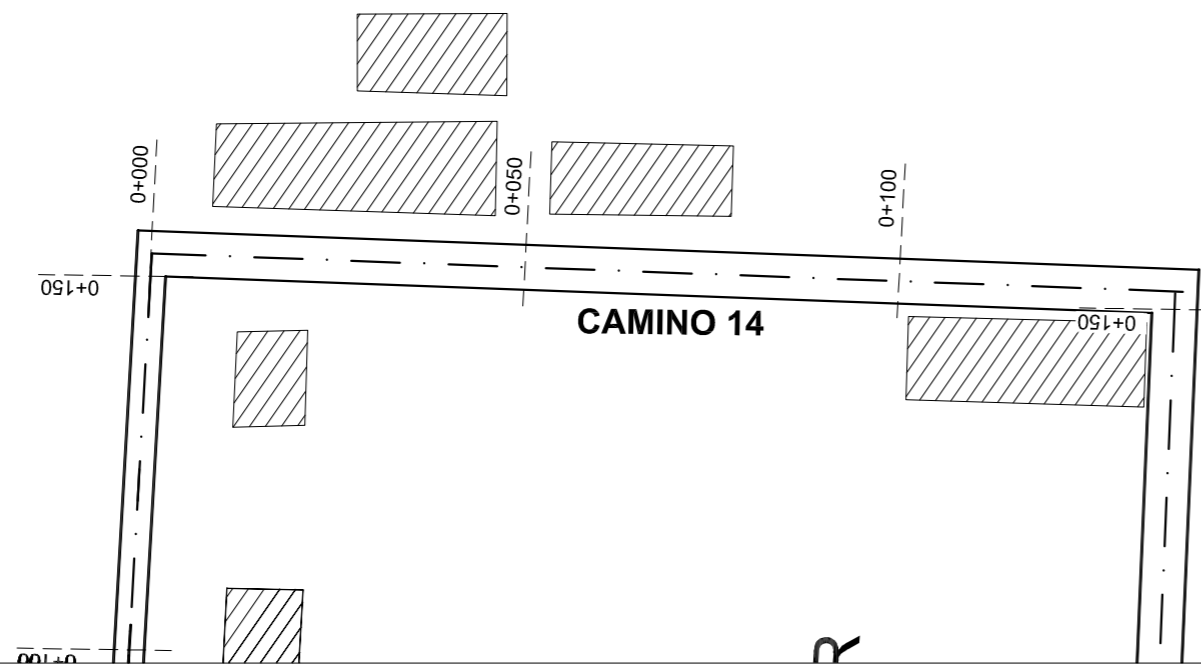
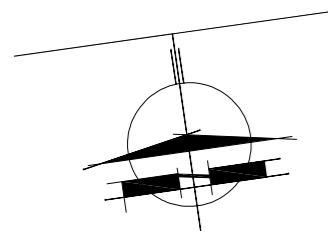
REFERENCIA NUMÉRICA	
①	Alambrado existente a conservar.
⑤	Alc. existente Ø50 cm.
⑨	Alcantarilla a reubicar s/ nueva cota. <small>Total lámina: 1 un.</small>
⑬	Cabezal de H°A° premold. a construir. <small>Total lámina: 2 un.</small>
⑯	Tranquera existente a conservar.

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA			
	PF	Punto fijo	
	Alc	Alcantarilla - Tranquera	
	Árbol	Árbol - Ligustro	
	Farola	Farola	
	Linea	Línea de alambrado	

PC 95.00

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	——— . —— . ——

Estación	Cota	Estación	Cota	Estación	Cota	Estación	Cota	Estación	Cota	Estación	Cota
0+000	96.31	0+025	96.39	0+050	96.46	0+075	96.52	0+100	96.49	0+125	96.45
0+100	96.48	0+125	96.43	0+150	96.27	0+175	96.30	0+200	96.32	0+225	96.33
0+200	96.40	0+225	96.40	0+250	96.34	0+276	96.49				
COTAS A CONSERVAR						COTAS A CONSERVAR					



Estación	0+000	0+025	0+050	0+075	0+100	0+125	0+138
COTAS DE PUNTOS FIJOS	96.00	96.01	96.03	96.04	96.06	96.07	96.08
COTAS DE RASANTE	95.87	95.74	95.81	95.85	95.87	95.92	95.94
COTAS DE OBRA BÁSICA	95.87	95.74	95.81	95.85	95.87	95.92	95.94
DIFERENCIA	0.13	0.27	0.22	0.20	0.19	0.16	0.14
COTAS A CONSERVAR							

Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°14 20 de 27

	UTN - Facultad Regional Rafaela	ALUMNOS: CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando	
	Departamento de Ingeniería Civil	ev: 1:100 - eh: 1:2500	Diciembre 2019

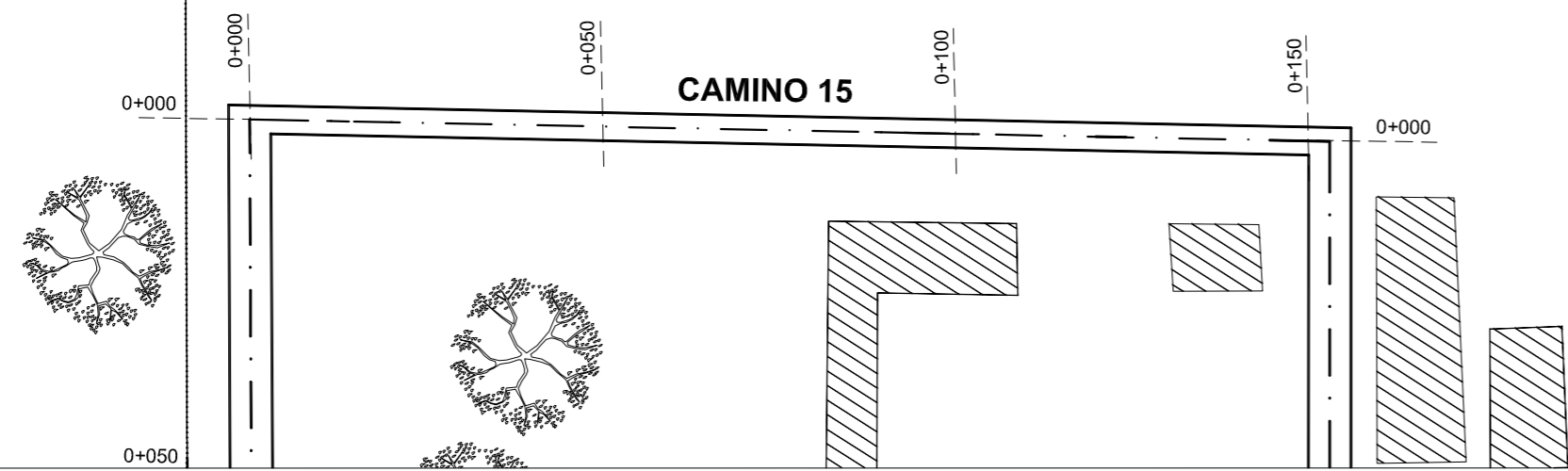
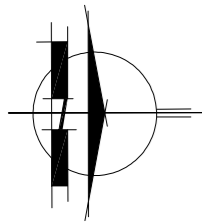
CAMINO 14 - PROGRESIVAS **0**+000.00 **0**+138.00

REFERENCIA NUMÉRICA	

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA			
▽	PF	Punto fijo	
><	=	Alcantarilla - Tranquera	
○	∞	Árbol - Ligustro	
⊗		Farola	
—		Línea de alambrado	

PC 95.00

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	— . — . —

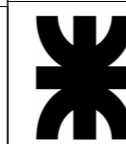


Estación	0+000	0+025	0+050	0+075	0+100	0+125	0+153
COTAS DE PUNTOS FIJOS	96.42	96.36	96.30	96.24	96.16	96.09	96.00
COTAS DE RASANTE	96.21	96.18	96.13	96.07	96.02	95.92	95.87
DIFERENCIA	0.21	0.18	0.17	0.17	0.14	0.16	0.13
COTAS A CONSERVAR							

Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°15

21 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela
Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:
CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
ev: 1:100 - eh: 1:2500
Diciembre 2019

CAMINO 15 - PROGRESIVA **0**+000.00 **0**+153.00

REFERENCIA NUMÉRICA

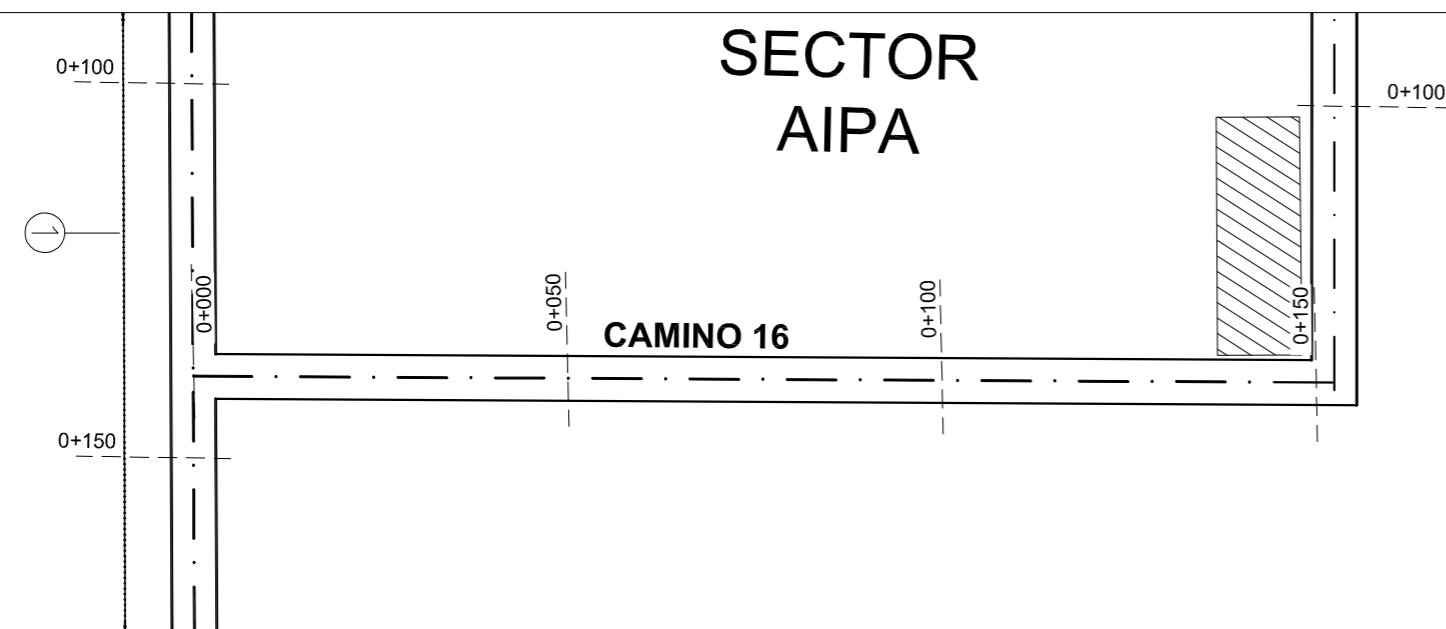
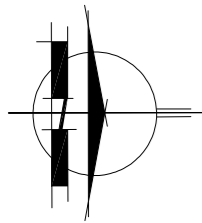
Referencia Numérica	Descripción

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA

Símbolo	Descripción
PF	Punto fijo
—>—	Alcantarilla - Tranquera
○	Árbol - Ligustro
⊗	Farola
—	Línea de alambrado

PC 95.0

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	— . — . —

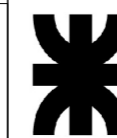


	0+000	0+025	0+050	0+075	0+100	0+125	0+152
	96.46	96.30	96.24	96.20	96.16	96.12	96.08
	96.41	96.21	96.14	96.11	96.12	96.08	95.97
	0.05	0.09	0.10	0.10	0.04	0.05	0.11
	COTAS A CONSERVAR						

Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Planialtimetría Camino N°16

22 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela
Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:
CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando
ev: 1:100 - eh: 1:2500
Diciembre 2019

CAMINO 16 - PROGRESIVAS **0**+000.00 **0**+152.00

REFERENCIA NUMÉRICA

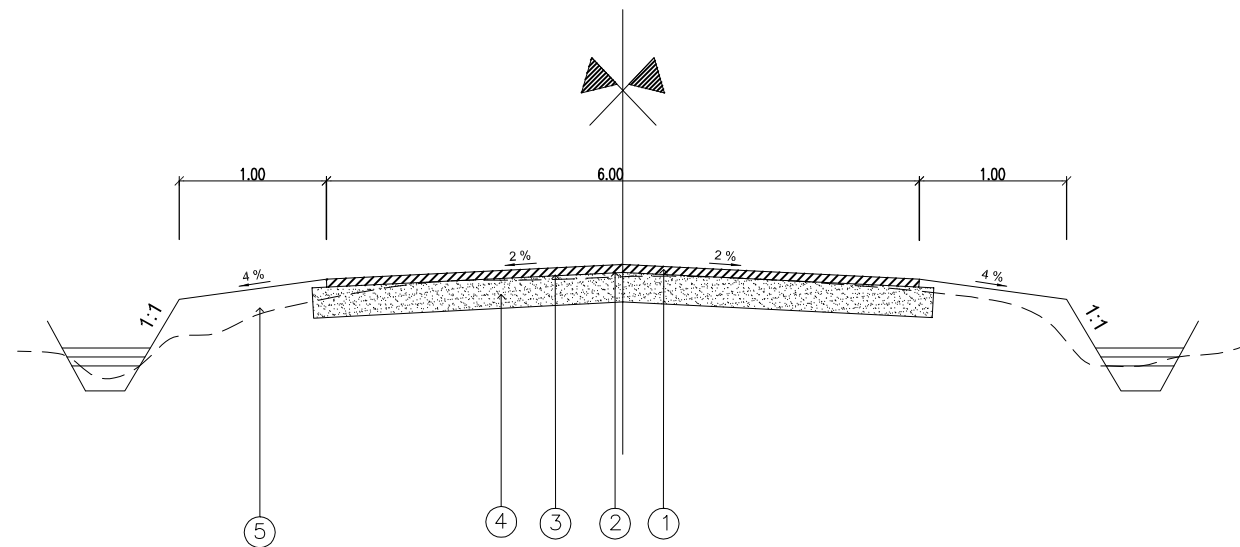
① Alambrado existente a conservar	

SIMBOLOGÍA PLANIMÉTRICA

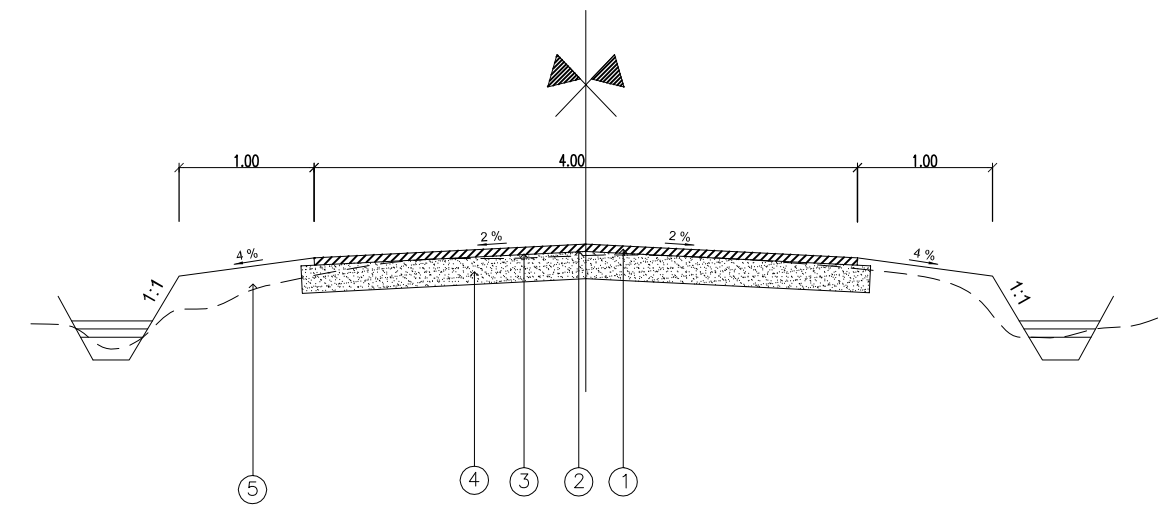
	Punto fijo		
	Alcantarilla - Tranquera		
	Árbol - Ligustro		
	Farola		
	Línea de alambrado		

PC 95.00

PROGRESIVAS	TIPOLOGÍA ALTIMÉTRICA
COTAS DE PUNTOS FIJOS	
COTAS DE RASANTE	—————
COTAS DE OBRA BÁSICA	- - - - -
DIFERENCIA	
COTAS DE DESAGUE	— . — . —



1. Carpeta de Concreto Asfáltico $e=0.05$ m, 6 m de ancho
2. Riego de Liga con E.R.1, 6 m de ancho
3. Riego de Imprimación con E.M.1, 6 m de ancho
4. Base de pavimento reciclado con Cemento $e=0.25$ m, 6 m de ancho
5. Banquina de suelo seleccionado c/ recubrimiento vegetal.

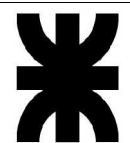


1. Carpeta de Concreto Asfáltico $e=0.05$ m, 4 m de ancho.
2. Riego de Liga con E.R.1, 4 m de ancho.
3. Riego de Imprimación con E.M.1, 4 m de ancho.
4. Base de pavimento reciclado con Cemento $e=0.25$ m, 4 m de ancho.
5. Banquina de suelo seleccionado c/ recubrimiento vegetal.

Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Perfil transversal tipo (ancho 6 m)

23 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela

ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluiggi - GIRARDINI, Fernando

Departamento de Ingeniería Civil

s/e

Diciembre 2019



UTN - Facultad Regional Rafaela

ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluiggi - GIRARDINI, Fernando

Departamento de Ingeniería Civil

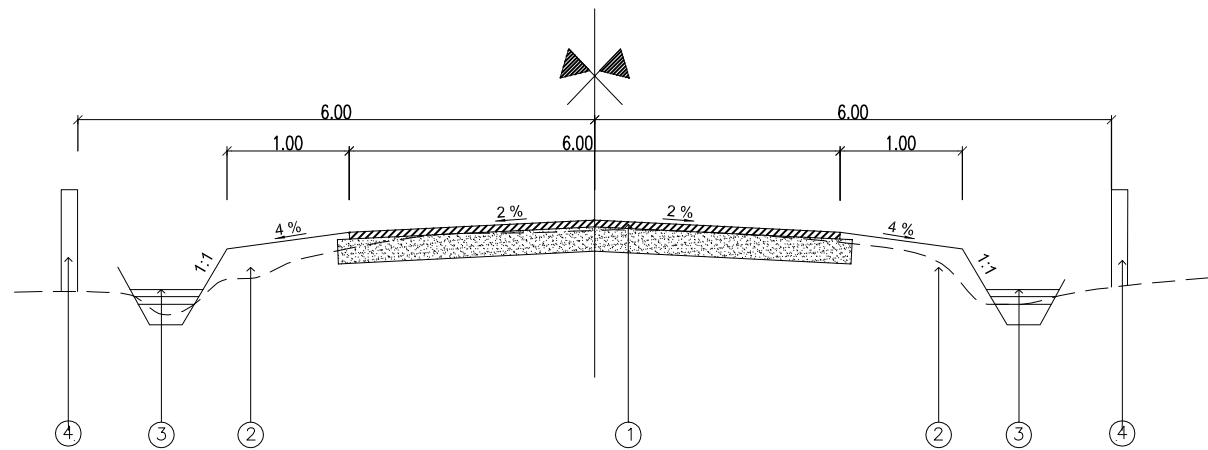
s/e

Diciembre 2019

Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Perfil transversal tipo (ancho 4 m)

24 de 27



1. Perfil estructural de calzada.
2. Banquina de suelo seleccionado c/ recubrimiento vegetal.
3. Cuneta de desagüe a construir.
4. Alambrado a reubicar s/ ancho de cuneta.

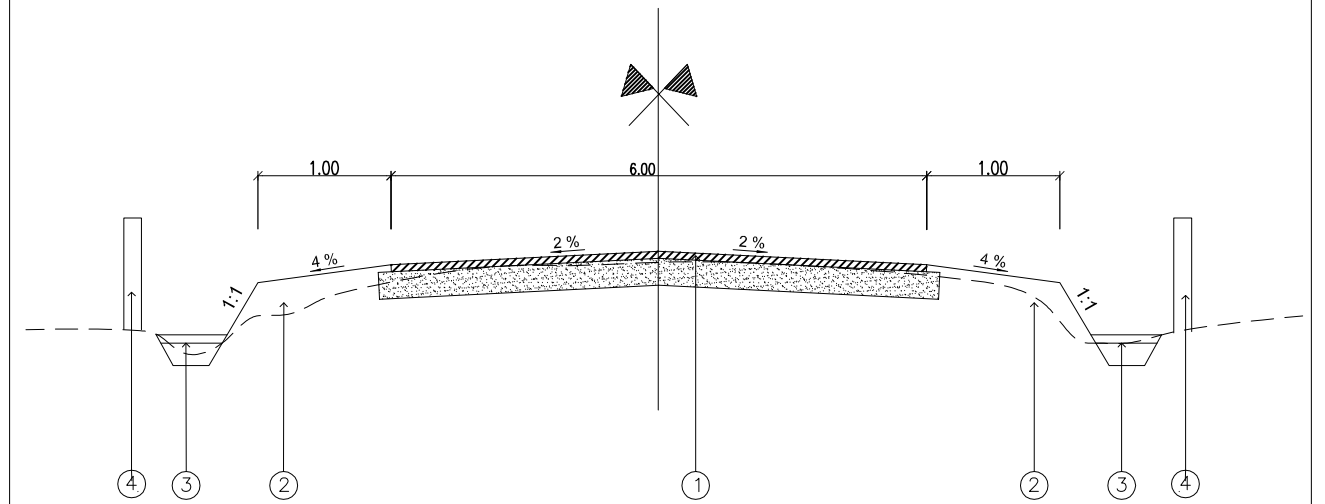
Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Perfil transversal Camino 1 (entre prog. 0+665 y 1+050) 25 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela
 Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:
 CHIATTI, Pierluiggi - GIRARDINI, Fernando
 s/e Diciembre 2019



1. Perfil estructural de calzada.
2. Banquina de suelo seleccionado c/ recubrimiento vegetal.
3. Cuneta de desagüe a construir.
4. Alambrado existente a conservar.

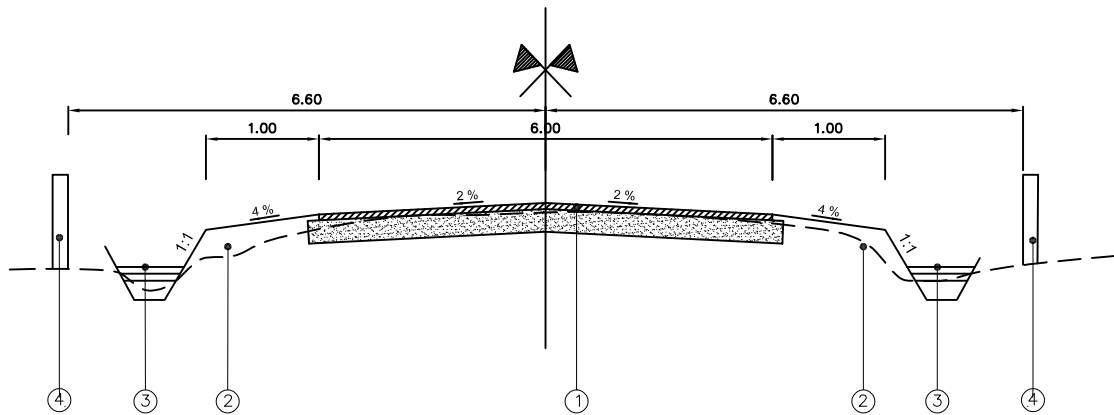
Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Perfil transversal Camino 1 (entre prog. 1+060 y 1+445) 26 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela
 Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:
 CHIATTI, Pierluiggi - GIRARDINI, Fernando
 s/e Diciembre 2019

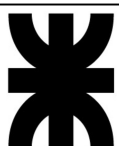


1. Perfil estructural de calzada.
2. Banquina de suelo seleccionado c/ recubrimiento vegetal.
3. Cuneta de desagüe a construir.
4. Alambrado a reubicar s/ ancho de cuneta.

Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Perfil transversal Camino 1 (entre prog. 0+665 y 1+050)

25 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela

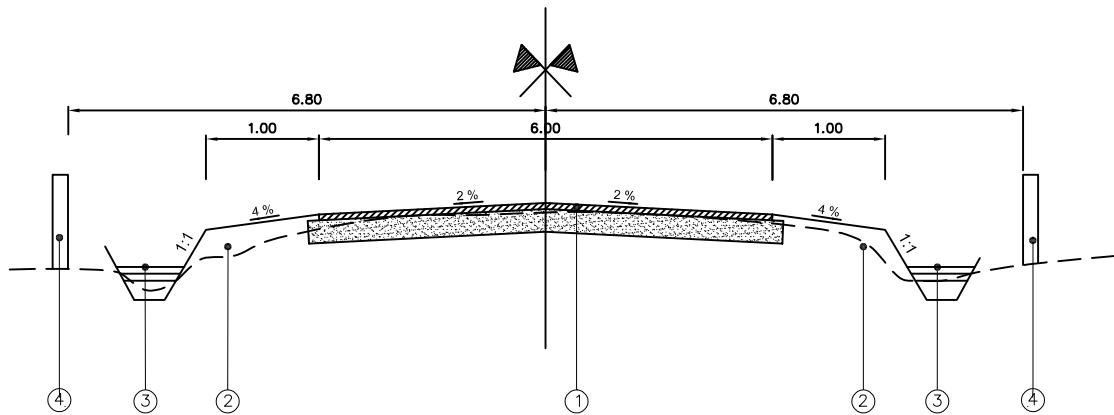
Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando

e: S/E

Diciembre 2019



1. Perfil estructural de calzada.
2. Banquina de suelo seleccionado c/ recubrimiento vegetal.
3. Cuneta de desagüe a construir.
4. Alambrado a reubicar s/ ancho de cuneta.

Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Perfil transversal Camino 1 (entre prog. 1+450 y 1+700)

27 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela

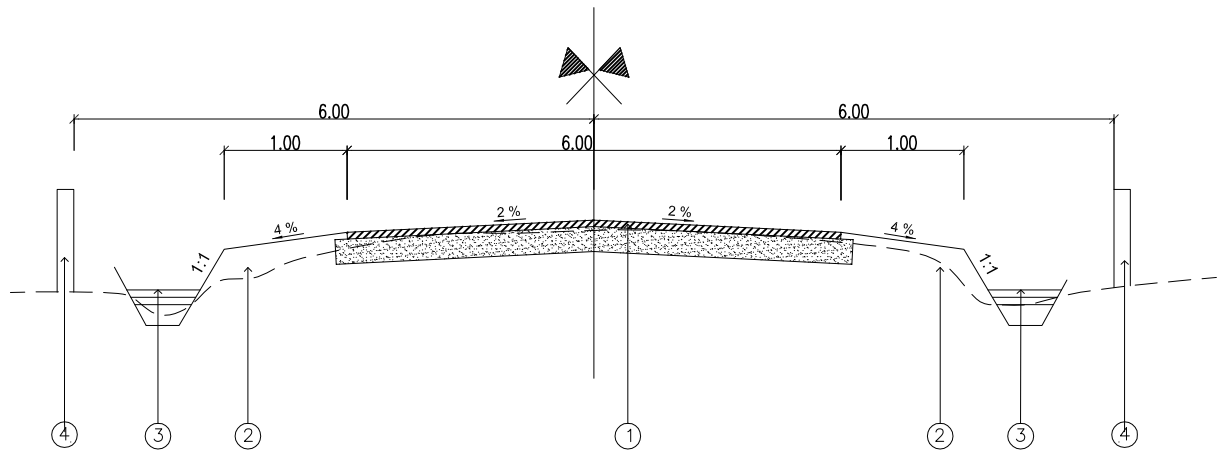
Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando

e: S/E

Diciembre 2019



1. Perfil estructural de calzada.
2. Banquina de suelo seleccionado c/ recubrimiento vegetal.
3. Cuneta de desagüe a construir.
4. Alambrado a reubicar s/ ancho de cuneta.

Proyecto Final:
**Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela**

Perfil transversal Camino 1 (entre prog. 1+450 y 1+700)

27 de 27



UTN - Facultad Regional Rafaela

Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:

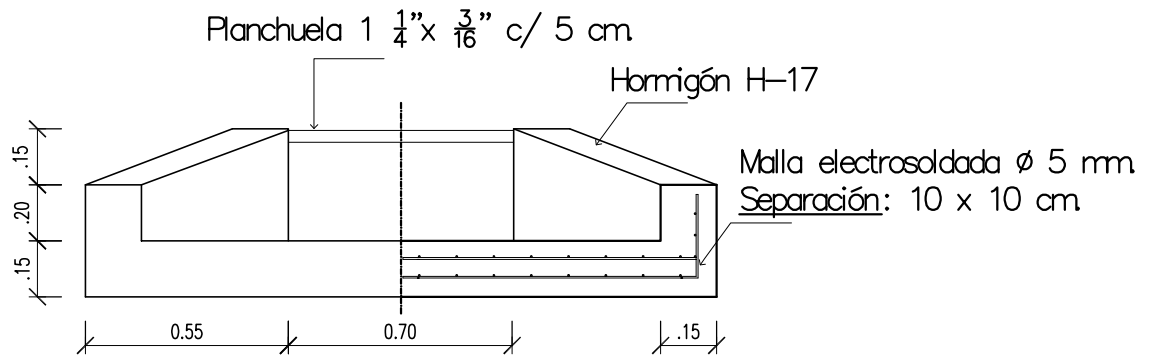
CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando

s/e

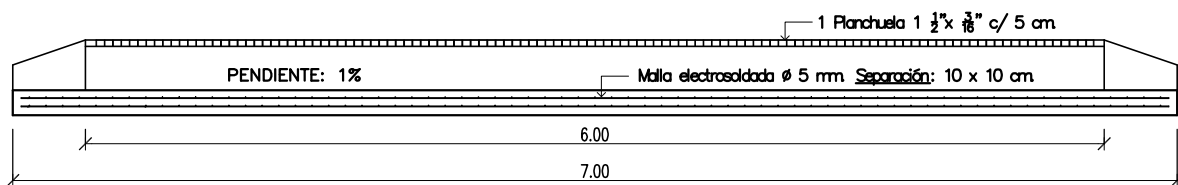
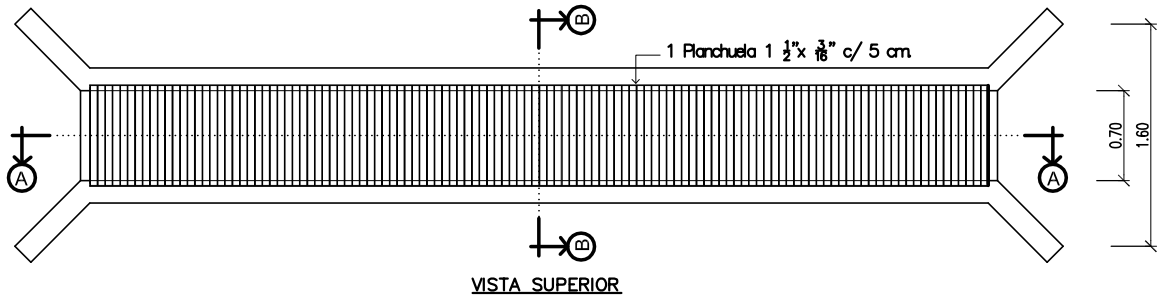
Diciembre 2019

ANEXO 2

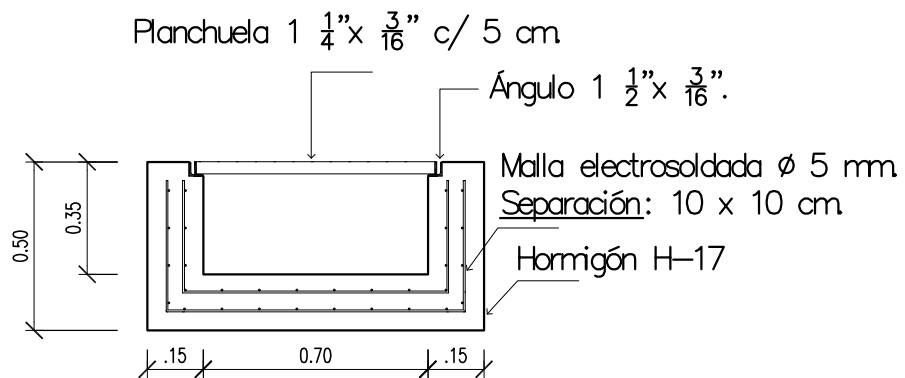
PLANOS DE OBRAS COMPLEMENTARIAS



VISTA LATERAL



CORTE A-A



CORTE B-B

Proyecto Final:
**Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela**

Plano albañal 70 x 35.

1 de 5



UTN - Facultad Regional Rafaela

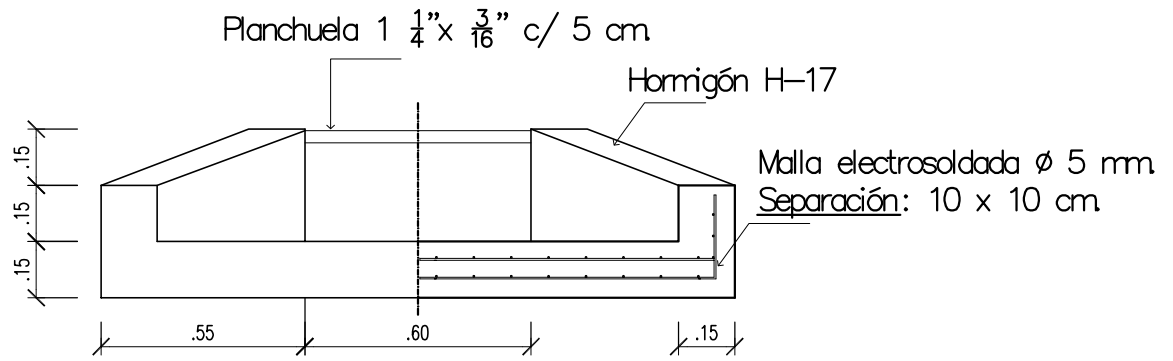
Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:

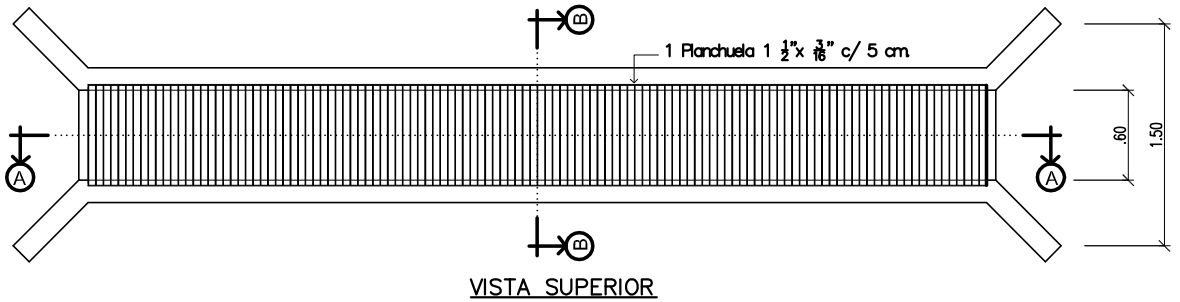
CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando

s/e

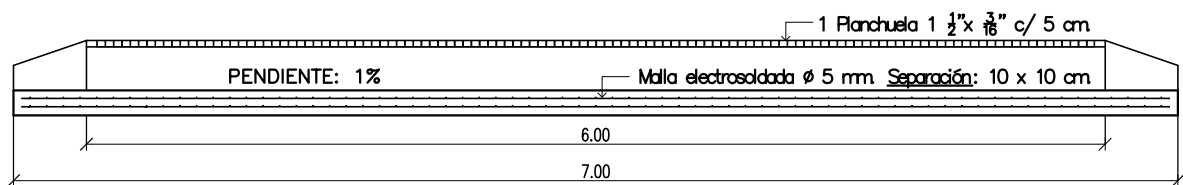
Diciembre 2019



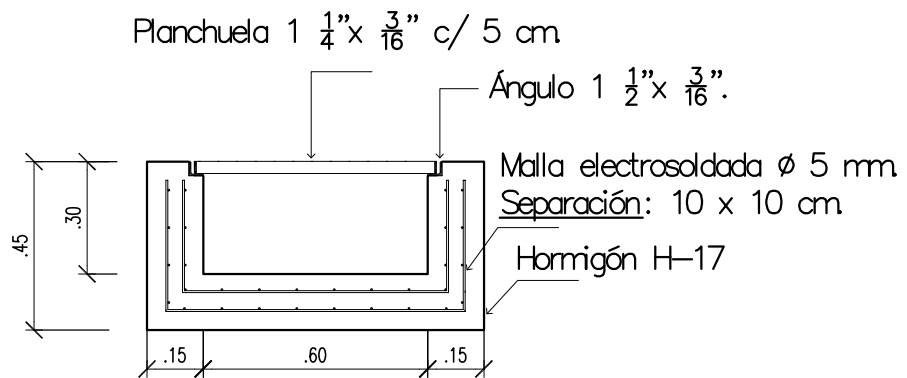
VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



CORTE A-A



CORTE B-B

Proyecto Final:
**Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela**

Plano albañal 60 x 30.

2 de 5



UTN - Facultad Regional Rafaela

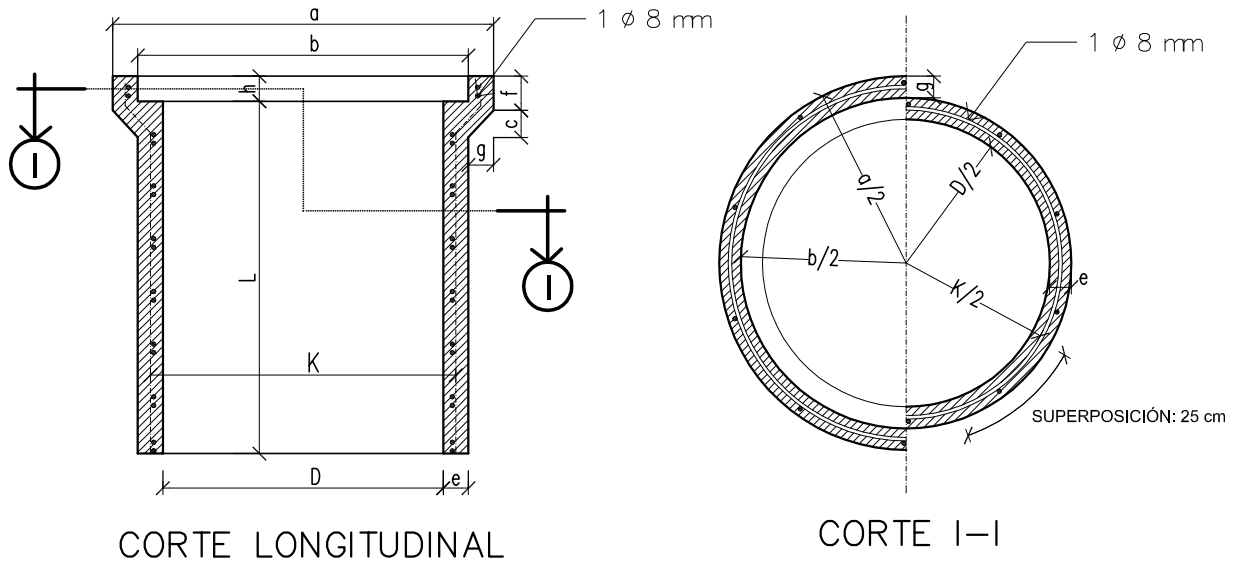
Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluigi - GIRARDINI, Fernando

s/e

Diciembre 2019



HORMIGON H-20.

TAPADA MINIMA 35 cm. al eje
CARGA MAXIMA 10600 kg/eje.

DIMENSIONES (cm)									ARMADURA	
D	L	a	b	c	e	f	g	h	K (cm)	ANILLO DE BORDE
40	100	61,0	51,0	5,5	5,0	8,5	5,5	6,0	65,0	1 Ø 8
60	100	81,0	71,0	5,5	5,0	8,5	5,5	6,0	65,0	1 Ø 8
80	100	105,5	93,5	6,5	6,0	10,0	6,8	6,5	86,0	1 Ø 8

Proyecto Final:
Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Tubo de hormigón armado

3 de 5



UTN - Facultad Regional Rafaela

Departamento de Ingeniería Civil

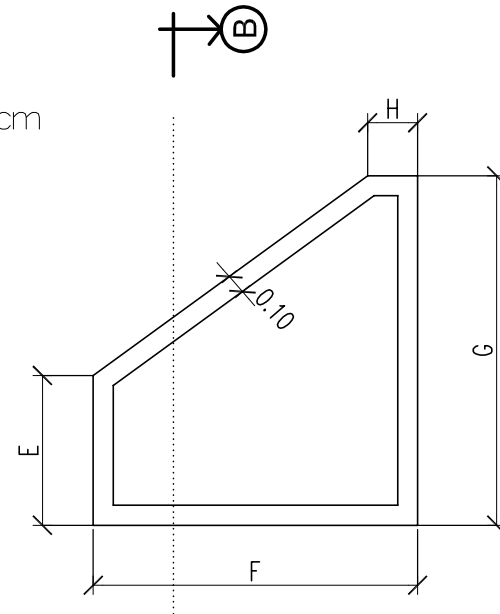
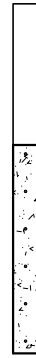
ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluiggi - GIRARDINI, Fernando

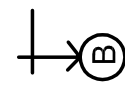
s/e

Diciembre 2019

Hormigón: H-20
 Armaduras: 1 ϕ 8 mm c/ 15 cm

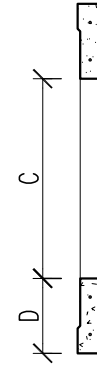


CORTE B-B

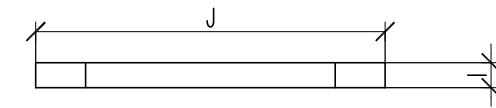


ALA

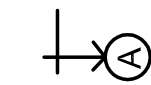
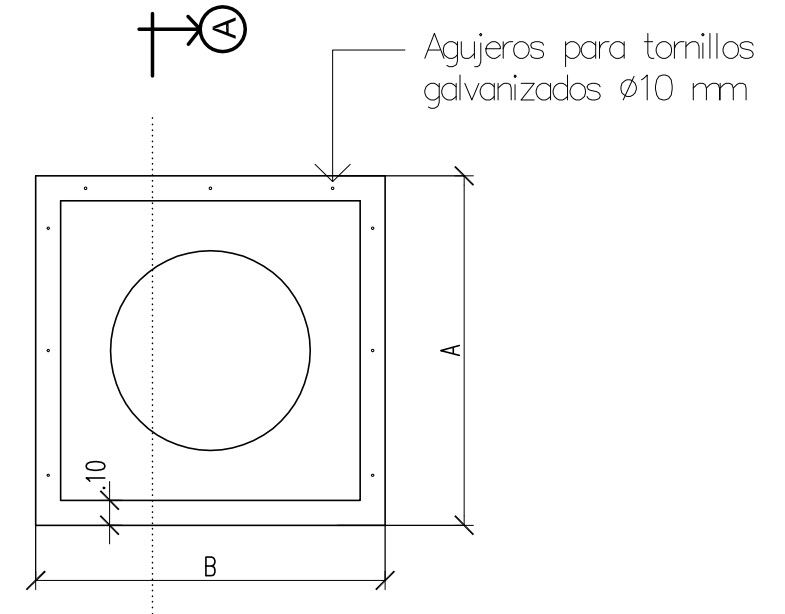
Hormigón: H-20
 Armaduras: 1 ϕ 8 mm c/ 15 cm



CORTE A-A

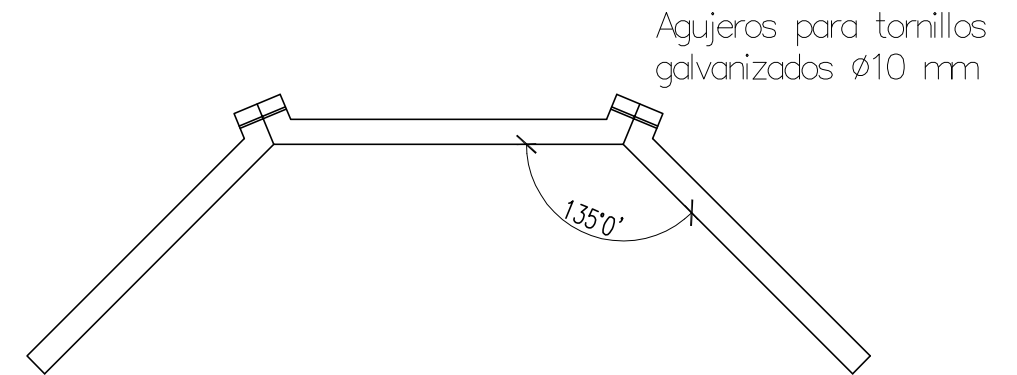


GUARDA RUEDA



CENTRO

	DIMENSIONES (m)									
	CENTRO				ALAS				esp.	Guarda rueda
	A	B	C	D	E	F	G	H		I
D=0.60	1.2	1.2	0.7	0.3	0.4	1.2	1.2	0.1	0.1	1.4
D=0.80	1.4	1.4	0.9	0.35	0.6	1.4	1.4	0.2	0.1	1.6

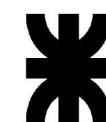


VISTA GENERAL

Proyecto Final:
 Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
 internos de la E.E.A. INTA Rafaela

Plano tipo cabezal pre-moldeado.

4 de 5



UTN - Facultad Regional Rafaela

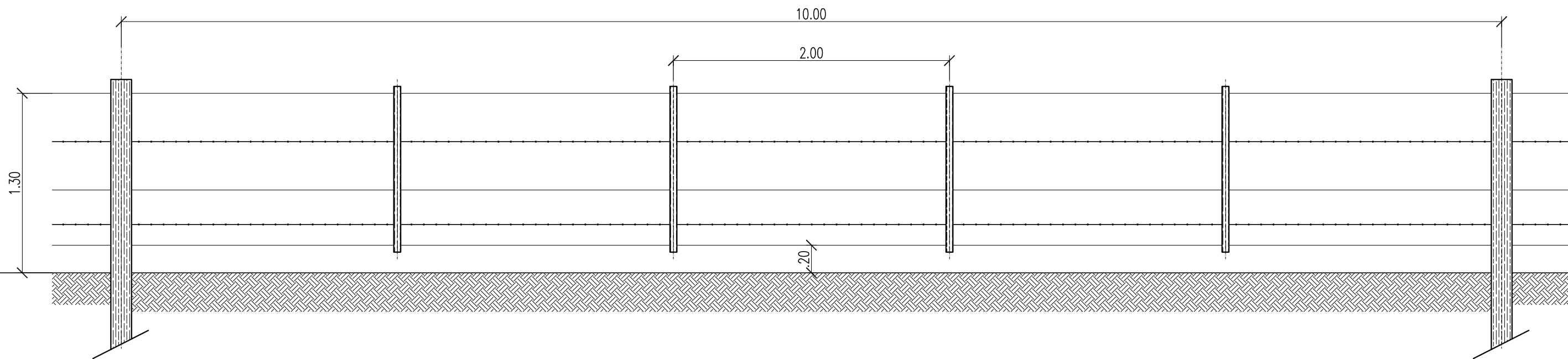
Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:

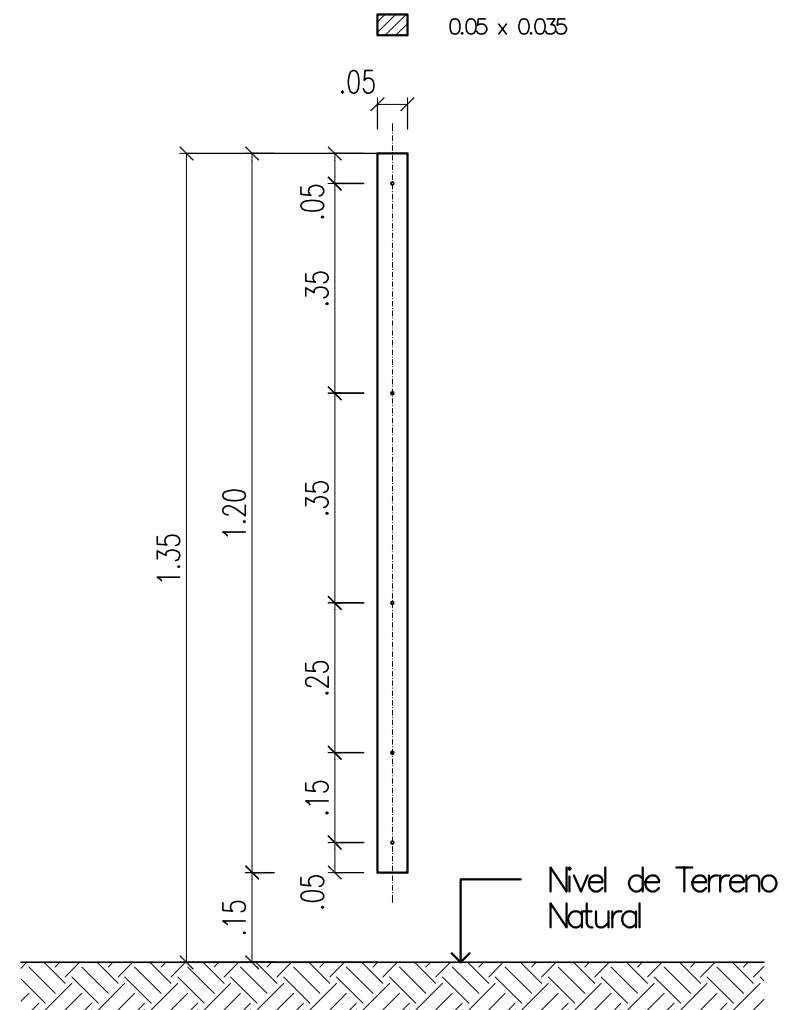
CHIATTI, Pierluiggi - GIRARDINI, Fernando

s/e

Diciembre 2019



DISPOSICIÓN DE AGUJEROS



MATERIALES:

- * Medios postes reforzados.
- * Postes torniqueteros y torniquetes s/ especificaciones.
- * Alambre listo ovalado de acero cincado, calibre (J de P) 17/15, de mediana resistencia s/ Norma IRAM 562.
- * Alambre de púas de acero cincado de mediana resistencia de 2 hilos, calibre ISWG 12.5 s/ Norma IRAM 544.
- * Ataduras de alambre cincado de sección circular de 3 mm de diámetro s/ Norma IRAM 519.

NOTA:

El alambre de púas deberá ser atado a todas las varillas.

Proyecto Final:
**Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos
internos de la E.E.A. INTA Rafaela**

Plano tipo alambrado.

5 de 5



UTN - Facultad Regional Rafaela

Departamento de Ingeniería Civil

ALUMNOS:

CHIATTI, Pierluiggi - GIRARDINI, Fernando

s/e

Diciembre 2019

ANEXO 3

ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

NORMA DE ENSAYO VN E4 - 84

Diagnóstico y propuesta de plan de mejora de caminos internos de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Rafaela.

Suelo de base en pavimento existente

Fecha: nov-19

	Limite liquido	Limite Plastico
N° de golpes	25	
Pf n°	31	28
Pf+Suelo hum	54.97	29.24
Pf+Suelo seco	43.74	25.81
Tara Pf	14.76	14.65
Agua	11.23	3.43
Peso suelo seco	28.98	11.16
% de Humedad	38.8	30.7
Coef correc.	1.000	
	38.8	30.7
Indice de Plasticidad		8.0

Granulometria		P Muestra g	300	
Tamiz	mm	Retiene	Pasa	% que pasa
4	4.7	0	300.0	100.0
10	2.0	1.9	298.1	99.4
40	0.4	19	279.1	93.0
200	0.074	22	257.1	85.7
270	0.054	15	242.1	80.7

Grava	Ar. Gruesa	Ar. Fina	Limo	Arcilla
0	0.6	13.7	5.0	80.7

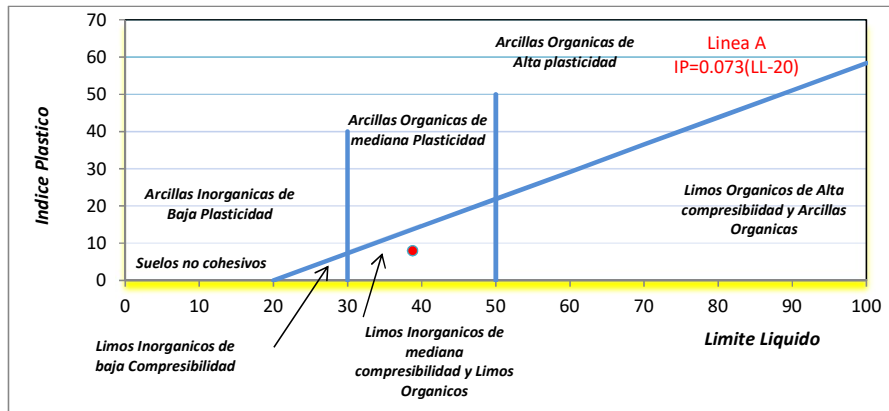
Clasificacion de Suelo e Indice de grupo

Sub grupo	A-4
-----------	-----

Indice de grupo	9
-----------------	---

C.B.R	7
-------	---

Clasificacion SUCS	ML
--------------------	----



Fuente: elaboración propia, 2019.



Laboratorio de Ingeniería Civil

Área Laboratorios: Acuña esq.Aragón - Tel 03492-432702

Informe N°:	5300/18
Registro Comitente N°:	4
Ingreso Testigos:	12/4/2018

Comitente: **INTA E.A.A. Rafaela**
Dirección: Ruta Nacional N° 34 - Rafaela
T.E.: -
Obra: **Relevamiento de Caminos Internos**

DETERMINACIÓN DE ESPESORES

Identificación	Fecha de extracción	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Altura 4 (cm)	Altura Promedio (cm)	Observaciones
1	12/04/18	5.53	4.41	5.88	4.46	5.07	
2	12/04/18	4.52	4.94	5.01	4.60	4.77	
3	12/04/18	4.76	5.12	5.08	4.83	4.95	

Medición de alturas de acuerdo con el punto 9.4.3.2 de la Norma de Ensayo de Vialidad Nacional VN - E9 - 86

Referencias:

Confeccionó: R.R.

RAFAELA, 13/4/2018

Ing. Rubén Rosetti
Laboratorio de Ingeniería Civil

N° de informe	5301/18
N° de comitente	127
Fecha ingreso	12/04/18
Cod. Ensayo	SU-07: 06/18

Comitente: **INTA E.E.A. RAFAELA**

Obra: **Evaluación de Pavimentos Internos**

Muestra N°: **1**

TRABAJOS REALIZADOS:

- **En campo:** ensayo DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) hasta una profundidad aproximada de 60 cm.
- **Equipo:** masa de 8 kg. y distancia de caída 575 mm.
- **En Laboratorio:** interpretación de los resultados del ensayo DCP y trazado de curvas.

El ensayo se realizó inmediatamente debajo del pavimento de concreto asfáltico, luego de eliminar el material suelto, en el orificio generados por la extracción previa del testigo N° 1.

Las lecturas toman como 0 el nivel superior de la base. Espesor aproximado del pavimento: 50 mm

Complementariamente se grafica la curva DCP con la determinación del índice de penetración (DN) en mm/golpe, surgidas como resultado del ensayo de penetración.

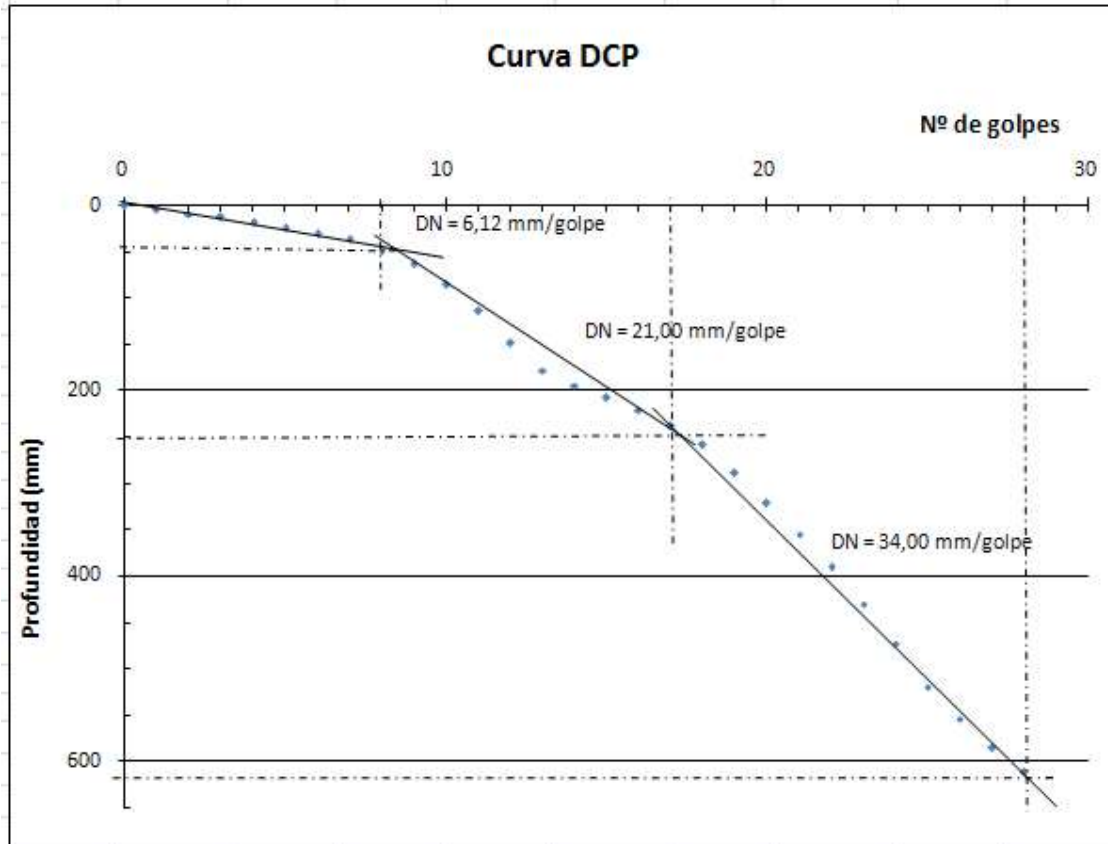
Nivel 0: a 50 mm de profundidad

El resumen de los valores determinados se indica en la siguiente tabla:

Profundidad [mm]	N° Golpes Acumulados N	DN mm/golpe	CBR-ASTM D 6951-03
0	0	-	-
49	8	6,12	38 %
238	17	21,00	8 %
612	28	34,00	3 %

Los valores del CBR se obtuvieron del Cuadro N° 2 de a Norma ASTM D 6951-3

Complementariamente se grafica la curva DCP con la determinación del índice de penetración (DN) en mm/golpe, surgidas como resultado del ensayo de penetración.



N° de informe	5301/18
N° de comitente	127
Fecha ingreso	12/04/18
Cod. Ensayo	SU-07: 07/18

Comitente: **INTA E.E.A. RAFAELA**

Obra: **Evaluación de Pavimentos Internos**

Muestra N°: **2**

TRABAJOS REALIZADOS:

- **En campo:** ensayo DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) hasta una profundidad media de 60 cm.
- **Equipo:** masa de 8 kg. y distancia de caída 575 mm.
- **En Laboratorio:** interpretación de los resultados del ensayo DCP y trazado de curvas.

El ensayo se realizó inmediatamente debajo del pavimento de concreto asfáltico, luego de eliminar el material suelto, en el orificio generados por la extracción previa del testigo N° 2.

Las lecturas toman como 0 el nivel superior de la base. Espesor aproximado del pavimento: 32 mm

Complementariamente se grafica la curva DCP con la determinación del índice de penetración (DN) en mm/golpe, surgidas como resultado del ensayo de penetración.

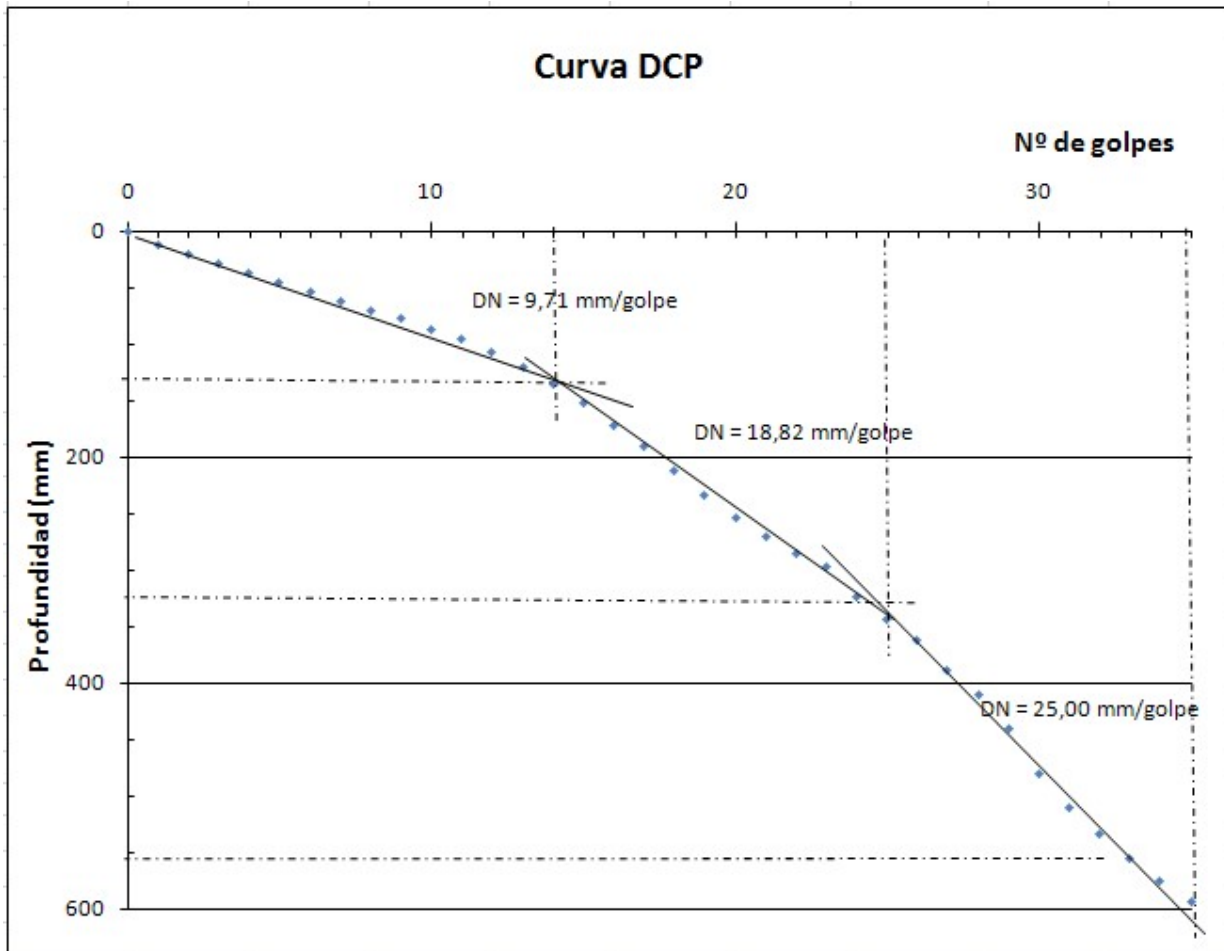
Nivel 0: a 32 mm de profundidad

El resumen de los valores determinados se indica en la siguiente tabla:

Profundidad [mm]	N° Golpes Acumulados N	DN mm/golpe	CBR-ASTM D 6951-03
0	0	-	-
136	14	9,71	23 %
343	25	18,82	11 %
593	35	25,00	5 %

Los valores del CBR se obtuvieron del Cuadro N° 2 de a Norma ASTM D 6951-3

Complementariamente se grafica la curva DCP con la determinación del índice de penetración (DN) en mm/golpe, surgidas como resultado del ensayo de penetración.



N° de informe	5301/18
N° de comitente	127
Fecha ingreso	12/04/18
Cod. Ensayo	SU-07: 08/18

Comitente: **INTA E.E.A. RAFAELA**

Obra: **Evaluación de Pavimentos Internos**

Muestra N°: **3**

TRABAJOS REALIZADOS:

- **En campo:** ensayo DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) hasta una profundidad media de 60 cm.
- **Equipo:** masa de 8 kg. y distancia de caída 575 mm.
- **En Laboratorio:** interpretación de los resultados del ensayo DCP y trazado de curvas.

El ensayo se realizó inmediatamente debajo del pavimento de concreto asfáltico, luego de eliminar el material suelto, en el orificio generados por la extracción previa del testigo N° 3.

Las lecturas toman como 0 el nivel superior de la base. Espesor aproximado del pavimento: 35 mm

Complementariamente se grafica la curva DCP con la determinación del índice de penetración (DN) en mm/golpe, surgidas como resultado del ensayo de penetración.

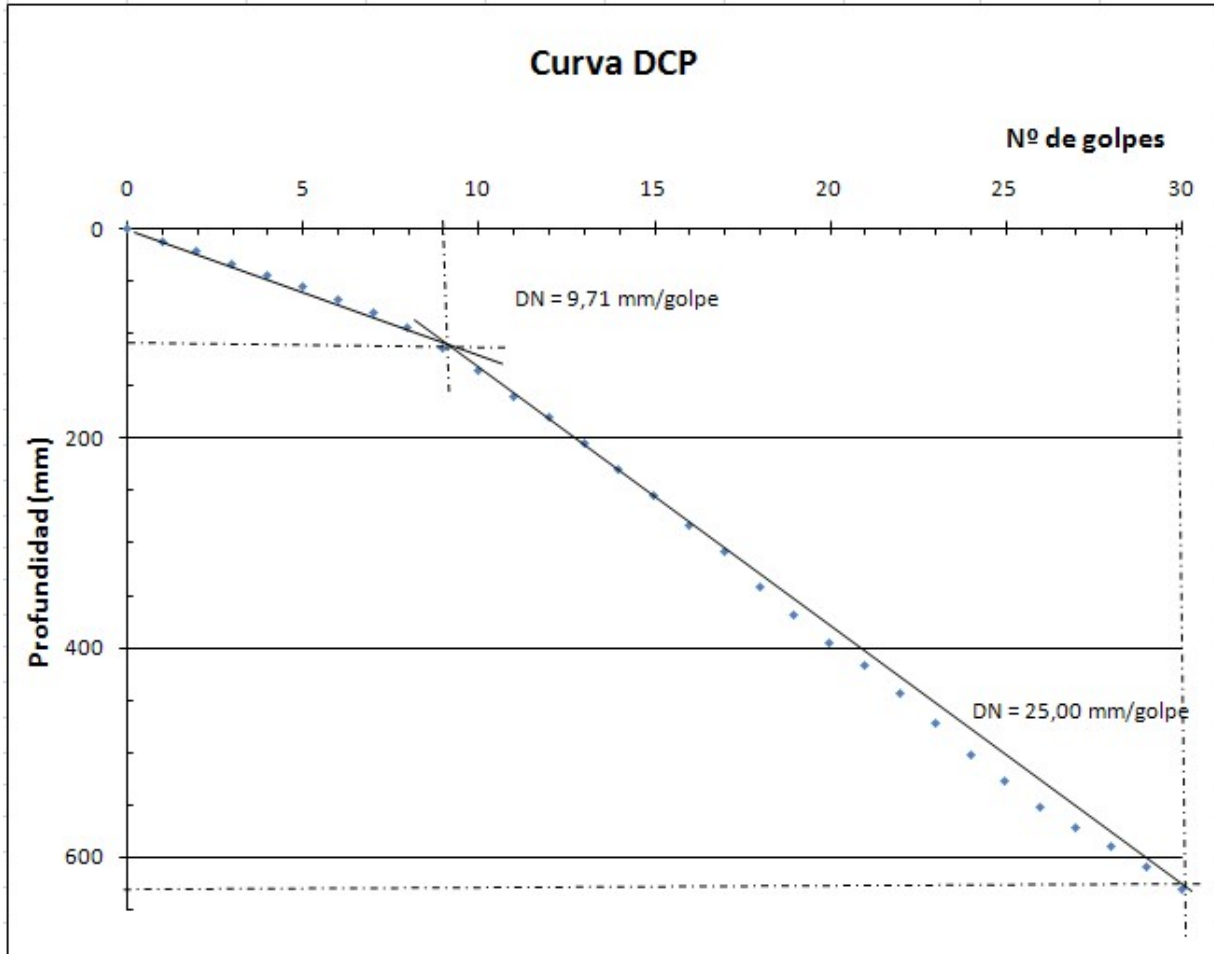
Nivel 0: a 35 mm de profundidad

El resumen de los valores determinados se indica en la siguiente tabla:

Profundidad [mm]	N° Golpes Acumulados N	DN mm/golpe	CBR-ASTM D 6951-03
0	0	-	-
114	9	12,67	16 %
631	30	24,62	6 %

Los valores del CBR se obtuvieron del Cuadro N° 2 de a Norma ASTM D 6951-3

Complementariamente se grafica la curva DCP con la determinación del índice de penetración (DN) en mm/golpe, surgidas como resultado del ensayo de penetración.



CROQUIS UBICACIÓN



ANEXO 4

ANÁLISIS DE PRECIOS

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **RETIRO Y RECOLOCACIÓN DE ALAMBRADOS**

Unidad: **m**

1) **ALAMBRADO**

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1/2 Camión volcador	70.00	2,135,000.00
1/2 Tractor con hoyadora	60.00	2,135,000.00
	130.00	4,270,000.00
Amortización e Intereses	0.24 por mil / d	x 4,270,000.00 = 1,024.800 \$ / d
Reparaciones y Repuestos	0.064 por mil / d	x 4,270,000.00 = 273.280 \$ / d
Combustibles y Lubricantes	90.944 \$ / HP.d x HP	x 130.00 = 11,822.720 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial	0.85 x \$ / d	4028.424 =	3,424.160 \$ / d	
Ayudante	3.00 x \$ / d	3412.288 =	10,236.864 \$ / d	13,661.024 \$ / d
				26,781.824 \$ / d

Rendimiento: 200.00 m / d

Costo Unitario: \$ / d 26,781.824 / 200 m / d = 133.909 \$ / m

MATERIALES para 1000 m

	<u>Cantidad</u>	<u>Costo</u>
Postes	5.00000 N° x	1,137.120 \$ / N° = 5,685.600 \$
Medio Poste	83.50000 N° x	412.000 \$ / N° = 34,402.000 \$
Alambre liso	3.20000 R x	6,641.420 \$ / R = 21,252.544 \$
Alambre de púas	2.20000 R x	5,092.300 \$ / R = 11,203.060 \$
Varillas	250.00000 N° x	74.840 \$ / N° = 18,710.000 \$
Alambre de atar	0.23000 Kg x	37.800 \$ / Kg = 8.694 \$
		91,261.898 \$

Costo por m = \$ 91,261.898 / 1000 m = 91.262 \$ / m
225.171 \$ / m

Por cada m 225.171 \$ / m x m / m 1.000 = 225.171 \$ / m

2) **RETIRO DE ALAMBRADOS**

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1/8 Camión volcador	17.50	533,750.00
1/8 Tractor con hoyadora	15.00	533,750.00
	32.50	1,067,500.00
Amortización e Intereses	0.24 por mil / d	x 1,067,500.00 = 256.200 \$ / d
Reparaciones y Repuestos	0.064 por mil / d	x 1,067,500.00 = 68.320 \$ / d
Combustibles y Lubricantes	90.944 \$ / HP.d x HP	x 32.50 = 2,955.680 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial	1.00 x \$ / d	4028.424 =	4,028.424 \$ / d	
Ayudante	2.00 x \$ / d	3412.288 =	6,824.576 \$ / d	10,853.000 \$ / d
				14,133.200 \$ / d

Rendimiento: 280.00 m / d

Costo Unitario: \$ / d 14,133.200 / 280 m / d = 50.476 \$ / m

275.647 \$ / m

275.647 \$ / m

COSTO DEL ITEM 500.818 \$ / m

500.818 \$ / m

PRECIO DEL ITEM 1.61317 x 500.818 \$ / m = 807.905 \$ / m

ADOPTADO: 807.91 \$ / m

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **CONSTRUCCIÓN DE ALBAÑALES DE H°A°**

Unidad: **m³**

COLOCACION

MANO DE OBRA

Oficial	8.00	hs / m³ x \$ / hs	503.553	=	4,028.424	\$ / m³	
Ayudante	5.50	hs / m³ x \$ / hs	426.536	=	2,345.948	\$ / m³	6,374.372 \$ / m³

MATERIALES

	<u>Cantidad</u>		<u>Costo</u>		
Hormigón elaborado H-20	1.00000	m³/m³ x	6,341.600	\$ / m³	6,341.600 \$ / m³
Madera p/encofrados	0.00200	m³/m³ x	5,312.550	\$ / m³	10.625 \$ / m³
Alambres y clavos	1.80000	Kg/m³ x	40.000	\$ / Kg	72.000 \$ / m³
Acero en mallas	0.01400	tn/m³ x	61,564.000	\$ / tn	861.896 \$ / m³
					7,286.121 \$ / m³

Costo por m³ = 7,286.121 \$ / m³

COSTO DEL ITEM 13,660.493 \$ / m³

PRECIO DEL ITEM 1.61317 x 13,660.493 \$ / m³ = 22,036.697 \$ / m³

ADOPTADO: 22,036.70 \$ / m³

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLAS**
ø 60 cm

Unidad: **m**

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1 Retroexcavadora CAT 416	80.00	5,185,000.00
1 Camión con semiremolque	260.00	7,930,000.00
	340.00	13,115,000.00
Amortización e Intereses	0.24 por mil / d x	13,115,000.00 = 3,147.600 \$ / d
Reparaciones y Repuestos	0.064 por mil / d x	13,115,000.00 = 839.360 \$ / d
Combustibles y Lubricantes	90.944 \$ / HP.d x HP x	340.00 = 30,920.960 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial	2.00 x \$ / d	4028.424 =	8,056.848 \$ / d	
Ayudante	2.50 x \$ / d	3412.288 =	8,530.720 \$ / d	16,587.568 \$ / d
				51,495.488 \$ / d

Rendimiento: 40.00 m / d

Costo Unitario: \$ / d 51,495.488 / 40 m / d = 1,287.387 \$ / m

MATERIALES

	<u>Cantidad</u>		<u>Costo</u>	
Caños de H°A° ø60	1.00000	N°/m x	3,100.000 \$ / N°	3,100.000 \$ / m
Material para juntas	1.00000	Gl/m x	190.656 \$ / Gl	190.656 \$ / m
				3,290.656 \$ / m

Costo por m =

3,290.656 \$ / m

COSTO DEL ITEM 4,578.043 \$ / m

4,578.043 \$ / m

PRECIO DEL ITEM 1.61317 x 4,578.043 \$ / m = 7,385.162 \$ / m

ADOPTADO: 7,385.16 \$ / m

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLAS**
ø 80 cm

Unidad: **m**

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1 Retroexcavadora CAT 416	80.00	5,185,000.00
1 Camión con semiremolque	260.00	7,930,000.00
	340.00	13,115,000.00
Amortización e Intereses	0.24 por mil / d	x 13,115,000.00 = 3,147.600 \$ / d
Reparaciones y Repuestos	0.064 por mil / d	x 13,115,000.00 = 839.360 \$ / d
Combustibles y Lubricantes	90.944 \$ / HP.d x HP	x 340.00 = 30,920.960 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial	2.00	x \$ / d	4028.424	=	8,056.848	\$ / d	
Ayudante	2.50	x \$ / d	3412.288	=	8,530.720	\$ / d	16,587.568 \$ / d
							51,495.488 \$ / d

Rendimiento: 40.00 m / d

Costo Unitario: \$ / d 51,495.488 / 40 m / d = 1,287.387 \$ / m

MATERIALES

	<u>Cantidad</u>		<u>Costo</u>		
Caños de H ² A° ø= 1,00 m	1.00000	N°/m x	4,380.000	\$ / N°	4,380.000 \$ / m
Material para junta	1.00000	Gl/m x	438.000	\$ / Gl	438.000 \$ / m
					4,818.000 \$ / m

Costo por m =

4,818.000 \$ / m

COSTO DEL ITEM 6,105.387 \$ / m

6,105.387 \$ / m

PRECIO DEL ITEM 1.61317 x 6,105.387 \$ / m = 9,849.027 \$ / m

ADOPTADO: 9,849.03 \$ / m

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO**
e= 5 cm.

Unidad: m²

1) ELABORACION DE LA MEZCLA

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1/2 Cargador CAT 938	80.00	6,405,000.00
1 Planta asfáltica con accesorios	420.00	42,700,000.00
	<u>500.00</u>	<u>49,105,000.00</u>
Amortización e Intereses	0.24 por mil / d	x 49,105,000.00 = 11,785.200 \$ / d
Reparaciones y Repuestos	0.064 por mil / d	x 49,105,000.00 = 3,142.720 \$ / d
Combustibles y Lubricantes	90.944 \$ / HP.d x HP	x 500.00 = 45,472.000 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial	3.25	x \$ / d	4028.424	=	13,092.378	\$ / d
Ayudante	3.00	x \$ / d	3412.288	=	10,236.864	\$ / d
					<u>23,329.242</u>	<u>\$ / d</u>
Rendimiento:			850.00 tn / d			83,729.162 \$ / d

Costo Unitario: \$ / d 83,729.162 / 850 tn / d = 98.505 \$ / tn

MATERIALES

	<u>Cantidad</u>		<u>Costo</u>		
1 Cemento asfáltico CA 30	0.05000	tn/tn x	38,068.000 \$ / tn	1,903.400	\$ / tn
7 Piedra triturada 0-6	0.48980	tn/tn x	1,880.509 \$ / tn	921.073	\$ / tn
8 Piedra triturada 6-19	0.44000	tn/tn x	1,658.934 \$ / tn	729.931	\$ / tn
42 Filler	0.02000	tn/tn x	2,935.000 \$ / tn	58.700	\$ / tn
5 Fuel oil	0.00800	tn/tn x	20,196.000 \$ / tn	161.568	\$ / tn
60 Mejorador de adherencia	0.00020	tn/tn x	255,000.000 \$ / tn	51.000	\$ / tn
				<u>3,825.672</u>	<u>\$ / tn</u>

Costo por tn = 3,825.672 \$ / tn

TRANSPORTE

22 Km x 2.5941 \$ / tn.Km 57.070 \$ / tn

2) COLOCACION

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1/2 Terminadora asfáltica	52.50	9,150,000.00
1/2 Compactador Vibratorio liso HAMM	32.50	3,355,000.00
1/2 Rodillo neumático múltiple	60.00	3,355,000.00
1/2 Tractor con tanque de agua	60.00	2,135,000.00
	<u>205.00</u>	<u>17,995,000.00</u>
Amortización e Intereses	0.24 por mil / d	x 17,995,000.00 = 4,318.800 \$ / d
Reparaciones y Repuestos	0.064 por mil / d	x 17,995,000.00 = 1,151.680 \$ / d
Combustibles y Lubricantes	90.944 \$ / HP.d x HP	x 205.00 = 18,643.520 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial	3.90	x \$ / d	4028.424	=	15,710.854	\$ / d
Ayudante	3.00	x \$ / d	3412.288	=	10,236.864	\$ / d
					<u>25,947.718</u>	<u>\$ / d</u>
Rendimiento:			700.00 tn / d			50,061.718 \$ / d

Costo Unitario: \$ / d 50,061.718 / 700 tn / d = 71.517 \$ / tn

4,052.764 \$ / tn

Por cada tn 4,052.764 \$ / tn x tn / tn 1.000 = 4,052.764 \$ / tn

Por cada m² 0.128 tn / m² 518.754

518.754

518.754 \$ / m²

COSTO DEL ITEM 518.754 \$ / tn

PRECIO DEL ITEM 1.61317 x 518.754 \$ / tn = 836.838 \$ / tn

ADOPTADO: 836.84 \$ / m²

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO**
e= 5 cm.

Unidad: **m²**

-

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **RECICLADO DE PAVIMENTO EXISTENTE CON INCORPORACIÓN DE CEMENTO**

Unidad: **m³**

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1 Wirtgen WR240 (Reclamadora)	610.33	36,228,205.00
1/2 Motoniveladora CAT 16 G	135.00	23,790,000.00
1 Compactador HAMM 2620	90.00	10,980,000.00
1/2 Compactador Vibratorio liso HAMM	32.50	3,355,000.00
1 1/2 Camión c/semi regador de agua	390.00	10,980,000.00
1/4 Wirtgen SW16 MG (dist cemento)	35.00	2,809,629.50
	1,292.83	88,142,834.50
Amortización e Intereses 0.24 por mil / d x	88,142,834.50 =	21,154.280 \$ / d
Reparaciones y Repuestos 0.064 por mil / d x	88,142,834.50 =	5,641.141 \$ / d
Combustibles y Lubricantes 90.944 \$ / HP.d x HP x	1,292.83 =	117,575.132 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial 4.00 x \$ / d	4028.424 =	16,113.696 \$ / d
Ayudante 2.00 x \$ / d	3412.288 =	6,824.576 \$ / d
		22,938.272 \$ / d
		167,308.825 \$ / d
Rendimiento: 1,300.00 m ³ / d		
Costo Unitario: \$ / d	167,308.825 / 1300 m ³ / d =	128.699 \$ / m ³

MATERIALES

	<u>Cantidad</u>	<u>Costo</u>	
Cemento portland en bolsas	0.04350 tn/m ³ x	8,172.000 \$ / tn	355.482 \$ / m ³
Material de desgaste	0.30000 N ^o /m ³ x	380.000 \$ / N ^o	114.000 \$ / m ³
			469.482 \$ / m ³
Costo por m ³ =			469.482 \$ / m ³

COSTO DEL ITEM	598.181 \$ / m ³		598.181 \$ / m ³
PRECIO DEL ITEM	1.61317 x	598.181 \$ / m ³ =	964.968 \$ / m ³

ADOPTADO: 964.97 \$ / m³

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **REJAS DE ACERO PARA ALBAÑALES**

Unidad: **tn**

COLOCADO

MANO DE OBRA

Oficial	15.00	hs / tn x \$ / hs	503.553	=	7,553.295	\$ / tn	
Ayudante	12.50	hs / tn x \$ / hs	426.536	=	5,331.700	\$ / tn	12,884.995 \$ / tn

MATERIALES

	<u>Cantidad</u>		<u>Costo</u>			
Acero especial en barras	1.00000	tn/tn x	52,500.000	\$ / tn	52,500.000	\$ / tn
Material de soldadura	0.01000	tn/tn x	215,000.000	\$ / tn	2,150.000	\$ / tn

54,650.000 \$ / tn

Costo por tn =

54,650.000 \$ / tn

67,534.995 \$ / tn

COSTO DEL ITEM 67,534.995 \$ / tn

PRECIO DEL ITEM 1.61317 x 67,534.995 \$ / tn = 108,945.428 \$ / tn

ADOPTADO: 108,945.43 \$ / tn

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **REUBICACIÓN DE ALCANTARILLAS EXISTENTES**
Con reposición de tubos rotos

Unidad: **Un.**

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1/2 Retroexcavadora CAT 416	40.00	2,592,500.00
1 Camión con semiremolque	260.00	7,930,000.00
	300.00	10,522,500.00
Amortización e Intereses 0.24 por mil / d x	10,522,500.00 =	2,525.400 \$ / d
Reparaciones y Repuestos 0.064 por mil / d x	10,522,500.00 =	673.440 \$ / d
Combustibles y Lubricantes 90.944 \$ / HP.d x HP x	300.00 =	27,283.200 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial 2.00 x \$ / d	4028.424 =	8,056.848 \$ / d
Ayudante 2.00 x \$ / d	3412.288 =	6,824.576 \$ / d
		14,881.424 \$ / d
Rendimiento:	5.00 Un. / d	45,363.464 \$ / d
Costo Unitario:	\$ / d 45,363.464 / 5 Un. / d =	9,072.693 \$ / Un.

MATERIALES

	<u>Cantidad</u>	<u>Costo</u>	
Caños de H ² A° ø= 0,80 m	3.00000 N°/Un. x	3,100.000 \$ / N°	9,300.000 \$ / Un.
Material para juntas	1.00000 Gl/Un. x	1,240.000 \$ / Gl	1,240.000 \$ / Un.
			10,540.000 \$ / Un.
Costo por Un. =			10,540.000 \$ / Un.

COSTO DEL ITEM	19,612.693 \$ / Un.	19,612.693 \$ / Un.
PRECIO DEL ITEM 1.61317 x	19,612.693 \$ / Un. =	31,638.608 \$ / Un.
ADOPTADO:	31,638.61 \$ / Un.	

ANALISIS DE PRECIOS

ITEM **TERRAPLEN**

Unidad: **m³**

A) DERECHOS DE EXTRACCIÓN

DERECHOS DE EXTRACCIÓN 109.800 \$ / m³

B) PROVISION CON RETRO Y TRANSPORTE

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
1/2 Retroexcavadora CAT 320	<u>90.00</u>	<u>6,710,000.00</u>
	90.00	6,710,000.00
Amortización e Intereses	0.24 por mil / d	x 6,710,000.00 = 1,610.400 \$ / d
Reparaciones y Repuestos	0.064 por mil / d	x 6,710,000.00 = 429.440 \$ / d
Combustibles y Lubricantes	90.944 \$ / HP.d x HP	x 90.00 = 8,184.960 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial	0.65	x \$ / d	4028.424	=	2,618.476	\$ / d
Ayudante	-	x \$ / d	3412.288	=	-	\$ / d
					<u>2,618.476</u>	<u>\$ / d</u>
					12,843.276	\$ / d
Rendimiento:			480.00			m³ / d

Costo Unitario: 26.757 \$ / m³

C) TRANSPORTE

TRANSPORTE 82.800 \$ / m³

D) CONSTRUCCION

EQUIPO

<u>Equipo</u>	<u>HP</u>	<u>Valor (\$)</u>
4/5 Motoniveladora CAT 16 G	216.00	38,064,000.00
1/2 Rodillo neumático múltiple	60.00	3,355,000.00
1/4 Compactador CAT 825	75.00	7,625,000.00
1/2 Camión c/semi regador de agua	130.00	3,660,000.00
1 Tractor con arado o rastra	<u>140.00</u>	<u>4,270,000.00</u>
	621.00	56,974,000.00
Amortización e Intereses	0.24 por mil / d	x 56,974,000.00 = 13,673.760 \$ / d
Reparaciones y Repuestos	0.064 por mil / d	x 56,974,000.00 = 3,646.336 \$ / d
Combustibles y Lubricantes	90.944 \$ / HP.d x HP	x 621.00 = 56,476.224 \$ / d

MANO DE OBRA

Oficial	4.00	x \$ / d	4028.424	=	16,113.696	\$ / d
Ayudante	2.00	x \$ / d	3412.288	=	6,824.576	\$ / d
					<u>22,938.272</u>	<u>\$ / d</u>
					96,734.592	\$ / d
Rendimiento:			480.00			m³ / d

Costo Unitario: 201.530 \$ / m³

COSTO DEL ITEM 420.887 \$ / m³

PRECIO DEL ITEM 678.962 \$ / m³

ADOPTADO: **678.96 \$ / m³**

ANEXO 5

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

MATRIZ EsIA - ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL PLAN DE MEJORA DE CAMINOS INTERNOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA INTA RAFAELA

AFECTACIÓN: ACCIONES	FACTORES AMBIENTALES														
	MEDIO FÍSICO								MEDIO SOCIO-ECONÓMICO						
	ABIÓTICO				BIÓTICO				SOCIO-CULTURAL			ECONÓMICO			
	AIRE		SUELO	AGUA		FLORA		FAUNA		USOS DEL TERRITORIO	CULTURAL	INFRAESTRUCTURA	HUMANOS, HIGIENE Y SEGURIDAD	ECONOMÍA	POBLACIÓN
MATERIAL PARTICULADO		RUIDO		SUPERFICIAL	SUBTERRÁNEA	CUBIERTA VEGETAL	TALA	DIVERSIDAD BIOLÓGICA	ESPECIES TERRESTRES						
1 - TAREAS PRELIMINARES															
1.1 Instalación de obrador.	-2CTEBFN	-2CTEBFY	-1PTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	X-Y	(.....)	+2CTMBAN	+1CTEBFN	+1CTEBFN	(.....)
1.2 Señalización de obra.	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+2CTEKFN	(.....)	(.....)
1.3 Corrimiento de alambrados.	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTEKFN	-1PTEIFN	(.....)	(.....)	X-Y	(.....)	+1PTEIAN	+1PVEKAN	(.....)	(.....)
1.4 Replanteo de la traza.	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTEIAN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)
2 - OBRA BÁSICA															
2.1 Retiro de suelo vegetal (Incluye transporte).	-2CTEIAN	-3CSEIAY	-3CSEIAN	(.....)	(.....)	-3CSEIAN	(.....)	-3CSEIAN	(.....)	-2CSMIAN	+1PTEKAN	+2CTEIAN	-1PTEBFN	+1CTMKAN	+1CTMKAN
2.2 Terraplenado con compactación especial (Incluye transporte).	+2CSEDAN	-3CSEIAN	(.....)	+1PTMKAN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-2CSMIAN	+1PTEKAN	+2CTEIAN	-1PTEBFN	+1CTMKAN	+1CTMKAN
2.3 Reciclado de la base con adición de cemento Portland.	-2CTEBAN	-2PVEHAN	-3CSEIFN	(.....)	(.....)	-1CTEIAN	(.....)	(.....)	(.....)	-2PTEIFN	+1PTEKAN	+2CSMKAN	+1PSMKAN	+1CTMKAN	+1CTMKAN
2.4 Riego de imprimación.	-3CSEBAN	-2CTEIAN	-2CSEIFN	-2CTMIAN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)
2.5 Riego de liga.	-3CSEBAN	-2CTEIAN	-2CSEIFN	-2CTMIAN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)
2.6 Confección de carpeta asfáltica.	-1CTEBFN	-1CTEBFN	-1PVMIFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+3CTEKFN	(.....)	+3CTEKFN	+2CTEKFN	(.....)	+2CTEDFN
2.7 Limpieza periódica de obra.	-1PTEBFN	-1PTEBFN	(.....)	-1PTEBFN	(.....)	-1PTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+1PTEKAN	+1PTEKAN	(.....)	(.....)
3 - OBRAS HIDRÁULICAS															
3.1 Excavación de cunetas.	-1CTEBFN	-1CTEBFN	-2CSEIAN	(.....)	(.....)	-1CTEDFN	-1PTLHFN	-2PTEDFN	-1PTEDFN	-1CTEIFN	(.....)	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+1CTMKAN
3.2 Demolición de alcantarillas.	-1CTEBFN	-1CTEBFN	-1CTEBFN	-1PTEBFN	(.....)	-1PTEDFN	(.....)	-1PTEDFN	-1PTEDFN	-1CTEIAN	(.....)	+2CTMKAN	-1PTEBFN	(.....)	(.....)
3.3 Construcción de alcantarillas.	-1CTEBFN	-1CTEBFN	-2CTMDFN	+2CTMKAN	(.....)	-1CTEBFN	(.....)	-2PTEDFN	-1PTEDFN	-1CTEIAN	(.....)	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+1CTMKAN
3.4 Re-ubicación de alcantarillas existentes en cota de proyecto.	-1CTEBFN	-1CTEBFN	-2CTMDFN	+2CTMKAN	(.....)	-1CTEBFN	(.....)	-2PTEDFN	-1PTEDFN	-1CTEIAN	(.....)	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+1CTMKAN
3.5 Colocación de cabezales pre- moldeados.	(.....)	-1CTEBFN	-2CTMDFN	+1CTEKFN	(.....)	-1CTEBFN	(.....)	-2PTEDFN	-1PTEDFN	-1CTEIAN	(.....)	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+1CTMKAN
3.6 Construcción de albañales.	-1CTEBFN	-2CTEDFN	-1CTMBFN	+1CTEKFN	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTEBFN	-1CTEBFN	-1CTEIAN	(.....)	+2CTMKAN	+2CTMKAN	+1CTMKAN	+1CTMKAN
3.7 Limpieza periódica de obra.	-1PTEBFN	-1PTEBFN	(.....)	-1PTEBFN	(.....)	-1PTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+1PTEKAN	+1PTEKAN	(.....)	(.....)
4 - VARIOS															
4.1 Explotación de canteras para extracción de suelo.	-2CVMHAN	-1CVEHAN	-3CVEHRN	(.....)	-1PTEHAN	-3CSEIAN	-3PTEHAN	-2CSEHRN	-1PVMHRN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)
Puesta en servicio de los caminos.	-1CVEKFN	-1CVEKFN	-1CVEKFN	+1CVEKFN	(.....)	+1CSEKFN	(.....)	+1CVMKFN	+1CVMKFN	+3CSEKAN	+3CVEKRN	+3CVEKAN	+3CVEKAN	+3CVEKRN	+2CVEKRN
Mantenimiento de banquetas.	-2CVEBFN	-2CVEBAN	-1CTEKFN	+1CVEKFN	(.....)	+1CSEKAN	(.....)	+1CVMKFN	+1CVMKFN	+3CSEKAN	+3CSEKRN	+3CVEKAN	+3CVEKAN	+3CVEKRN	+2CVEKRN
Mantenimiento de caminos (sellado de grietas y fisuras; bacheo)	-1CVEKFN	-1CVEKFN	-1CVEKFN	+1CVEKFN	(.....)	+1CSEKFN	(.....)	(.....)	(.....)	+3CSEKAN	+3CSEKRN	+3CVEKAN	+3CVEKAN	+3CVEKRN	+2CVEKRN
Limpieza de alcantarillas, cunetas y albañales.	-1CVEKFN	-1CVEKFN	-1CVEKFN	+1CVEKFN	(.....)	+1CSEKFN	(.....)	+1CVMKFN	+1CVMKFN	+1CSEKAN	+3CSEKAN	+3CSEKAN	+3CSEKAN	+3CSEKRN	+2CVEKRN

GLOSARIO

Aguas abajo:

Con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente.

Aguas arriba:

Con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas arriba, si se sitúa antes de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente.

Archivo tipo .csv (delimitado por comas):

Un **.csv** (*comma-separated values*) es un archivo de texto que almacena los datos en forma de columnas, separadas por coma y las filas se distinguen por saltos de línea.

Autocad Civil 3D:

AutoCAD Civil 3D es un software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructura diversa, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías. Es un producto de Autodesk.

Autodesk:

Es una compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D para las industrias de manufacturas, infraestructuras, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica.

Curvas de nivel:

Líneas que unen los puntos de un mapa que tienen idéntica altitud.

Curvas I-D-F:

Las curvas I-D-F (Intensidad – Duración – Frecuencia) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno.

Embanque:

Reducción de sección en determinados elementos de desagüe por sedimentos de materiales, generalmente suelo y vegetación.

Empírico:

Que está basado en la experiencia y en la observación de los hechos.

Emulsión asfáltica:

En general, una emulsión es una dispersión de dos elementos insolubles uno en el otro. Una emulsión asfáltica es la suspensión de pequeños glóbulos de asfalto en agua, la cual es asistida por un agente emulsificante.

Gauss-Kruger:

Sistema de proyección de coordenadas geográficas, que posee ejes cartesianos como modo de representación de las coordenadas proyectadas a un plano generándose un X-Y Gauss Kruger. Representando el Norte por el eje X y el Este por el eje Y.

Geodésico:

Ciencia que tiene por objeto determinar la forma y dimensiones del globo terrestre.

Hidrograma:

Representación gráfica del caudal generado durante una tormenta en un determinada cuenca.

Hidrología:

Ciencia que estudia el agua sobre la Tierra, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas, y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos.

Hidroplaneo:

Es la situación en la que un vehículo atraviesa en la carretera a cierta velocidad una superficie cubierta de agua, llevándolo a una pérdida de tracción y control del mismo por parte del conductor.

Hydraflow:

Aplicación desarrollada por Autodesk para la realización de tareas hidráulicas e hidrológicas.

Impacto ambiental:

Efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente.

Incipiente:

Que empieza.

Infiltración:

Proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo o las capas del pavimento.

In-situ:

Expresión latina que significa "en el lugar".

Módulo resiliente:

Los materiales que constituyen los pavimentos se ven sometidos a cargas dinámicas de diversas magnitudes que le son transmitidas por el tráfico. Las deformaciones resilientes o elásticas son de recuperación instantánea y suele denominarse deformaciones plásticas a aquéllas que permanecen en el pavimento después de cesar la carga.

Así pues, el concepto de módulo resiliente está ligado invariablemente resistencia a deformarse de manera permanente ante un proceso de carga repetida.

Motoniveladora:

Máquina utilizada para realizar trabajos de nivelación de terrenos, de mayor precisión que una Topadora. Se compone de un tractor sobre ruedas y de una cuchilla de perfil curvo que descansa en un tren delantero también con ruedas.

Nomograma:

Representación gráfica que permite realizar cálculos numéricos aproximados con rapidez.

Patologías:

En el ámbito de la construcción se denomina patología a aquella lesión o deterioro sufrido por algún elemento, material o estructura.

Ponderado:

La noción de ponderado se utiliza para la estimación de promedios cuando un valor, por alguna característica determinada, tiene mayor relevancia que los demás.

Pseudocalibración:

El prefijo pseudo refiere a una imitación o simulación. En el presente trabajo refiere a la simulación de una calibración con un número de datos conocidos y otros supuestos.

Recicladora:

Son equipos autónomos concebidos para realizar de forma simultánea las labores de disgregación de suelos o pavimentos y el mezclado de éstos con los ligantes necesarios, que se utilizan en las técnicas de estabilización de suelos y/o reciclado de pavimentos.

Suelo vegetal:

Horizonte superficial del suelo que contiene la mayor proporción de materia orgánica y presenta las condiciones edáficas más adecuadas para el crecimiento de vegetación.

Tapada:

Cobertura de suelo sobre tubos de alcantarillas u otros elementos de desagües subterráneos.

Terminadora o extendedora:

Equipo de construcción utilizado para colocar asfalto en carreteras, puentes, estacionamientos y otros lugares similares. Coloca el asfalto plano y proporciona una compactación menor antes de que sea compactado por un rodillo o apisonadora.

Terraplén:

Se denomina terraplén a la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

Topografía:

Ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra.

Trimble Business Center:

Software de procesamiento y ajuste de datos GNSS, así como también de estación total y nivel digital.

Trimble:

Empresa de tecnología SaaS con sede en Sunnyvale, California. Que presta servicios a industrias globales en agricultura, construcción, geoespaciales, recursos naturales y servicios públicos, gobiernos, transporte y otros.