



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL RAFAELA

Departamento Ingeniería Civil

ASIGNATURA

PROYECTO FINAL

**PROYECTO DE PAVIMENTOS Y
MICRODRENAJE URBANO DE LA
LOCALIDAD DE LAS PALMERAS,
SANTA FE**

AUTORES

PONCE, AYLÉN MAGALÍ

TOSELLO, FIORELA VERÓNICA

DIRECTOR

ING. CIVIL FERRARO, GUSTAVO

RAFAELA (SF), diciembre de 2022.

AGRADECIMIENTOS

Al cuerpo docente y no docente de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional
Rafaela.

A nuestras familias y amigos.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo plasmar una propuesta integral para resolver problemas actuales referentes al microdrenaje urbano de la localidad de Las Palmeras, Provincia de Santa Fe, mediante la ejecución de las obras de pavimento y de desagüe correspondientes. Si bien la pavimentación de centros urbanos es primordial para mejorar la calidad de vida de las poblaciones, en este caso va a ser un aspecto complementario al proyecto de desagües pluviales. Esto se debe a la particularidad del pueblo objeto del trabajo, que cuenta con un terraplén perimetral funcionando como defensa hídrica por antecedentes de inundación.

El desarrollo del documento incluye la caracterización del lugar de estudio y su población, relevamientos y determinaciones del proyecto, como ser paquetes estructurales, niveles de pavimento, elementos de captación y conducción de aguas, etc. En cuanto al marco teórico, en cada etapa del trabajo se brinda una reseña de la metodología y de las hipótesis adoptadas. Para pavimentos rígidos se opta por el método PCA-1984 (de la Portland Cement Association) y para pavimentos flexibles el método AASHTO 1993. Por otra parte, la red de desagües pluviales se calcula mediante el método Racional y se verifica con el software SWMM. Finalmente, se desarrolla el cómputo y presupuesto del proyecto.

PALABRAS CLAVES

Proyecto de pavimentos - Microdrenaje urbano - Las Palmeras

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES/JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1. CARACTERIZACIÓN URBANA.....	1
1.1.1. Ubicación y conectividad urbana.....	1
1.1.2. Historia.....	2
1.1.3. Aspectos demográficos.....	2
1.1.4. Actividades económicas y sociales.....	3
1.1.5. Infraestructura urbana.....	4
1.1.6. Aspectos climáticos y pluviométricos.....	4
1.2. RED VIAL.....	5
1.2.1. Clasificación funcional.....	6
1.2.2. Problemática actual.....	8
1.3. TERRAPLÉN DE DEFENSA.....	9
1.3.1. Geometría del terraplén.....	10
1.4. ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	11
CAPÍTULO 2: PROYECTO DE PAVIMENTO URBANO.....	15
2.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	15
2.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS: TIPOS DE PAVIMENTO.....	15
2.2.1. Confort.....	17
2.2.2. Costo ecológico.....	17
2.2.3. Plazos de obra.....	17
2.2.4. Obtención de materiales.....	17
2.2.5. Aspecto económico.....	18
2.3. CORDÓN CUNETA Y CALZADA ENRIPIADA.....	18
2.3.1. Costos.....	18
2.4. PAVIMENTO DE HORMIGÓN SIMPLE CON CORDÓN.....	19
2.4.1. Costos.....	22
2.5.PAVIMENTO ASFÁLTICO CON CORDÓN CUNETA	23
2.5.1.Desempeño del pavimento	24
2.5.2.Subrasante	24
2.5.3.Dimensionamiento	24
2.5.4.Costos.....	26
2.6.PROYECTO EJECUTIVO.....	28
2.6.1.Relevamiento.....	28

2.6.2. Consideraciones geométricas del proyecto.....	28
2.6.3. Consideraciones técnicas generales.....	29
2.6.3.1. Subrasante	30
2.6.3.2. Subbases y bases para pavimento rígido.....	32
2.6.3.3. Pavimentos rígidos	34
2.6.3.3.1. Comportamiento frente a cargas de tránsito.....	35
2.6.3.3.2. Diseño de juntas	36
2.6.3.3.3. Sellado de juntas.....	38
2.6.3.3.4. Pavimentos con moldes fijos.....	39
2.6.3.3.5. Control de calidad.....	39
CAPÍTULO 3: DRENAJE URBANO.....	41
3.1. INTRODUCCIÓN.....	41
3.1.1. Niveles de seguridad del proyecto.....	41
3.1.2. Aspectos a tener en cuenta para el diseño de desagües pluviales.....	42
3.2. DISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL URBANA – MÉTODO RACIONAL	43
3.3 VERIFICACIÓN DE ENTUBADOS Y ALCANTARILLAS DE SALIDA MEDIANTE SOFTWARE SWMM.....	43
CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	53
4.1. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.....	53
4.1.1. Uso de Cemento Portland:.....	54
4.1.2. Medidas de mitigación.....	54
4.1.3. Estrategia de las 5Cs.....	55
4.2. SITUACIÓN PRE-OPERACIONAL EN LAS PALMERAS, SANTA FE.....	56
4.2.1. Estimación de cantidad de personas beneficiadas con esta obra.....	56
4.2.2. Identificación de tareas a realizar.....	56
4.2.3. Etapas de obra:.....	57
4.2.4. Vida útil del proyecto.....	58
4.2.5. Impactos ambientales y medidas de mitigación por etapas.....	58
4.3. MÉTODO PROGNOS II	60
4.3.1. Concepto Screening.....	61
4.3.2. Concepto Scroping.....	61
4.3.3. El método PROGNOS II mediante matrices semi-cuantitativas.....	61
CAPÍTULO 5: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	65
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	67
REFERENCIAS.....	69

ANEXOS.....	71
ANEXO I: MEMORIAS DE CÁLCULO DE PAQUETES ESTRUCTURALES.....	71
ANEXO II: PLANOS.....	71
ANEXO III: MATRIZ DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	71
ANEXO IV: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	71
ANEXO V: ENSAYOS DE SUELO.....	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Datos Censos Nacionales INDEC.....	2
Tabla 1.2: Índice de priorización por riesgo de inundación.....	12
Tabla 2.1: Análisis de costo unitario de calzada enripiada.....	18
Tabla 2.2: Análisis de costo de mantenimiento de calzada enripiada.....	19
Tabla 2.3: Relación entre tipo de base, tipo de arteria, tránsito y erosión.....	20
Tabla 2.4: Variables de diseño para tránsito pesado.....	21
Tabla 2.5: Variables de diseño para calles comunes.....	22
Tabla 2.6: Análisis de costo de mantenimiento calles hormigón.....	23
Tabla 2.7: Análisis de costo unitario de construcción calles hormigón.....	23
Tabla 2.8: Parámetros de cálculo para tránsito pesado.....	24
Tabla 2.9: Variables de diseño para tránsito pesado.....	25
Tabla 2.10.: Parámetros de cálculo para calles comunes y principales avenidas.....	25
Tabla 2.11.: Variables de diseño para calles comunes y principales avenidas.....	26
Tabla 2.12.: Análisis de costo unitario de construcción de pavimento asfáltico.....	26
Tabla 2.13.: Análisis de costo de mantenimiento de pavimento asfáltico.....	27
Tabla 2.14: Clasificación de suelos de la HRB	31
Tabla 2.15 Relación entre propiedades de los suelos y su potencial de expansión.....	32
Tabla 2.16: Exigencias granulométricas del suelo para bases.....	33
Tabla 3.1: Períodos de recurrencia sugeridos para diseño de drenaje urbano.....	42
Tabla 3.2: Registros de precipitaciones.....	44
Tabla 3.3: Determinación de datos de lluvia por método de bloques alternos.....	47
Tabla 4.1: Objetivos de sustentabilidad en la industria del cemento.....	55
Tabla 4.2: Identificación de tareas y sus efectos.....	57
Tabla 4.3: Evaluación de impacto por etapas.....	58
Tabla 4.4: Valores matriz método Prognos II.....	63
Tabla I.1.1: Valores de k combinado subrasante- base no tratada.....	71-II

Tabla I.1.2: Variables de diseño para tránsito pesado.....	71-III
Tabla I.1.3: Factor de erosión sin pasadores, para tránsito pesado.....	71-IV
Tabla I.1.4: Tensión equivalente para tránsito pesado.....	71-V
Tabla I.1.5: Variables de diseño para calles comunes.....	71-VII
Tabla I.1.6: Factor de erosión para calles comunes.....	71-VII
Tabla I.1.7: Tensión equivalente para calles comunes.....	71-VIII
Tabla I.2.1.: Parámetros R y Zr de acuerdo al tipo de carretera.....	71-X
Tabla I.2.2: Error combinado "So" según tipo de pavimento.....	71-X
Tabla I.2.3: Calificación según índice de servicialidad.....	71-XI
Tabla I.2.4: Valores de serviciabilidad final según tipo de vía.....	71-XI
Tabla I.2.5: Valor "mi" de corrección por drenaje de coeficientes "ai"	71-XIV
Tabla I.2.6: Espesores mínimos recomendados.....	71- XIV
Tabla I.2.7: Parámetros de cálculo para tránsito pesado.....	71-XV
Tabla I.2.8: Variables de diseño para tránsito pesado.....	71-XV
Tabla I.2.9: Parámetros de cálculo para calles comunes y principales avenidas.....	71-XVI
Tabla I.2.10: Variables de diseño para calles comunes y principales avenidas.....	71-XVI
Tabla I.3.1: Valores de coeficiente de escorrentía para diferentes usos de suelo.....	71-XVIII
Tabla I.3.2: Valores de coeficiente de desagüe de las rejillas.....	71-XXI
Tabla I.3.3: Valores de coeficientes geométricos de rejillas.....	71-XXII
Tabla I.3.4: Determinación coeficiente de escorrentía en lote tipo.....	71-XXVI
Tabla I.3.5: Determinación de caudal de aporte de cada subcuenca al sistema.....	71- XXVII
Tabla I.3.6: Determinación de dimensiones de bocas de tormenta.....	71-XXVIII
Tabla I.3.7: Determinación de dimensiones de acequias.....	71-XXVIII
Tabla I.3.8: Determinación de secciones de entubados circulares.....	71- XIX
Tabla I.3.9: Determinación de secciones de entubados rectangulares.....	71-XXX
Tabla I.3.10: Verificación de caudal máximo para T=100 años.....	71-XXX

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación dentro de la Provincia de Santa Fe.....	1
Figura 1.2: Accesos por Ruta Nacional N°34.....	2
Figura 1.3: Calzadas con carpeta asfáltica.....	3
Figura 1.4: Instituciones Públicas.....	4
Figura 1.5: Calles con cordón cuneta.....	5
Figura 1.6: Perfil transversal de calles, ancho de camino de 30mts.....	6

Figura 1.7: Perfil transversal de calles ancho de camino de 20mt.....	6
Figura 1.8: Perfil transversal de calles ancho de camino de 30mts tipo 2.....	6
Figura 1.9: Desvío de tránsito pesado.....	7
Figura 1.10: Arterias principales.....	8
Figura 1.11: Potenciales ubicaciones estación de ómnibus.....	8
Figura 1.12: Defensa contra inundaciones.....	9
Figura 1.13: Canal Secundario N°2 al norte y N°3 al sur.....	10
Figura 1.14: Plano conforme a obra Defensa contra inundaciones.....	10
Figura 1.15: Sección transversal terraplén de defensa.....	11
Figura 1.16: Cuenca Arroyo Cululú.....	12
Figura 2.1: Distribución de tensiones en pavimentos rígidos y flexibles.....	16
Figura 2.2: Estadísticas sobre uso de los distintos pavimentos	16
Figura 2.3: Paquete estructural para calzada de hormigón en tránsito pesado.....	21
Figura 2.4: Paquete estructural para calzada de hormigón en calles comunes.....	22
Figura 2.5: Paquete estructural asfáltico para tránsito pesado.....	24
Figura 2.6: Paquete estructural asfáltico para calles comunes.....	25
Figura 2.7: Paquete estructural del pavimento rígido.....	30
Figura 2.8: Ensayo de plato de carga.....	30
Figura 2.9: Juntas transversales.....	34
Figura 2.10: Componentes del paquete estructural.....	34
Figura 2.11: Estado de cargas solicitantes.....	35
Figura 2.12.: Fisuración controlada de paños.....	37
Figura 2.13: Ventana de corte.....	37
Figura 2.14: Niveles de daño de aserrado.....	38
Figura 2.15: Ley de Sitter.....	40
Figura 3.1: Valor máximo de precipitación diaria en últimos 100 años.....	44
Figura 3.2: Modelo cargado en software SWMM.....	45
Figura 3.3: Datos de tormenta real cargada en software SWMM.....	45
Figura 3.4: Hietograma obtenido en software SWMM para tormenta real.....	46
Figura 3.5: Hidrograma obtenido en software SWMM para tormenta real.....	46
Figura 3.6: Niveles de tirante de agua obtenido en SWMM para tormenta real.....	47
Figura 3.7: Hietograma obtenido en SWMM para tormenta según curvas IDF.....	48
Figura 3.8: Hidrograma obtenido en SWMM para tormenta según curvas IDF.....	48
Figura 3.9: Niveles de tirante de agua obtenido en SWMM para T=5 años IDF.....	49

Figura 3.10: Verificación de alcantarilla de salida AL2 en SWMM.....	49
Figura 3.11: Verificación de alcantarilla de salida AL1 en SWMM.....	50
Figura 3.12: Verificación de alcantarilla de salida AL3 en SWMM.....	50
Figura 3.13: Verificación de alcantarilla de salida AL4 en SWMM.....	51
Figura 3.14: Verificación de alcantarilla de salida AL7 en SWMM.....	51
Figura 3.15: Verificación de alcantarilla de salida AL5 en SWMM.....	52
Figura 4.1: Uso del cemento en procesos constructivos.....	54
Figura 4.2: Matriz de impacto tipo.....	62
Figura I.1.1: Correlación CBR-módulo de reacción subrasante.....	71-I
Figura I.1.2: Paquete estructural para calzada de hormigón en tránsito pesado.....	71-III
Figura I.1.3: Ábaco repeticiones de cargas admisibles por erosión tránsito pesado.....	71-V
Figura I.1.4: Ábaco repeticiones de cargas admisibles por fatiga tránsito pesado.....	71-VI
Figura I.1.5: Paquete estructural para calzada de hormigón en calles comunes.....	71-VI
Figura I.1.6: Ábaco repeticiones de cargas admisibles por erosión calles comunes.....	71-VIII
Figura I.1.7: Ábaco repeticiones de cargas admisibles por fatiga calles comunes.....	71-IX
Figura I.2.1: Composición del Número estructural del paquete.....	71-X
Figura I.2.2: Nomograma para estimar coeficiente a2 de base granular.....	71-XII
Figura I.2.3: Módulo dinámico "E1"	71-XIII
Figura I.2.4.: Coeficiente "a1"	71-XIII
Figura I.2.5: Paquete estructural para calzada asfáltica en tránsito pesado.....	71-XV
Figura I.2.6: Paquete estructural para calzada asfáltica en calles comunes.....	71-XVI
Figura I.3.1: Perfil esquemático de escorrentía máxima en calzada.....	71-XIX
Figura I.3.2.: Tipos de rejillas interceptoras.....	71-XXI
Figura I.3.3: Red tipo arborescente.....	71-XXII
Figura I.3.4: Red tipo mallada.....	71-XXIII
Figura I.3.5: Aliviadero tipo embudo.....	71-XXIV
Figura I.3.6: Aliviaderos.....	71-XXIV
Figura I.3.7: Escurrimiento lote tipo.....	71-XXV
Figura I.3.8: Curvas intensidad - duración – frecuencia de Rafaela, Santa Fe.....	71-XXVI

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES/JUSTIFICACIÓN

1.1. CARACTERIZACIÓN URBANA

1.1.1. Ubicación y conectividad urbana

La localidad de “Las Palmeras” se encuentra en el Departamento San Cristóbal de la Provincia de Santa Fe. Está delimitada al este por Ruta Nacional N° 34, altura km 292, y se encuentra a una distancia de 38 kilómetros al norte de la localidad de Sunchales. Además, está atravesada por el tendido de vías férreas, lo que genera dos pasos a nivel dentro del pueblo.

Cabe mencionar que Las Palmeras está conectada mediante la Ruta N°63-s y su intersección con Ruta Provincial N°22, con la localidad de Colonia Bossi, al oeste, como se observa en la figura 1.1.

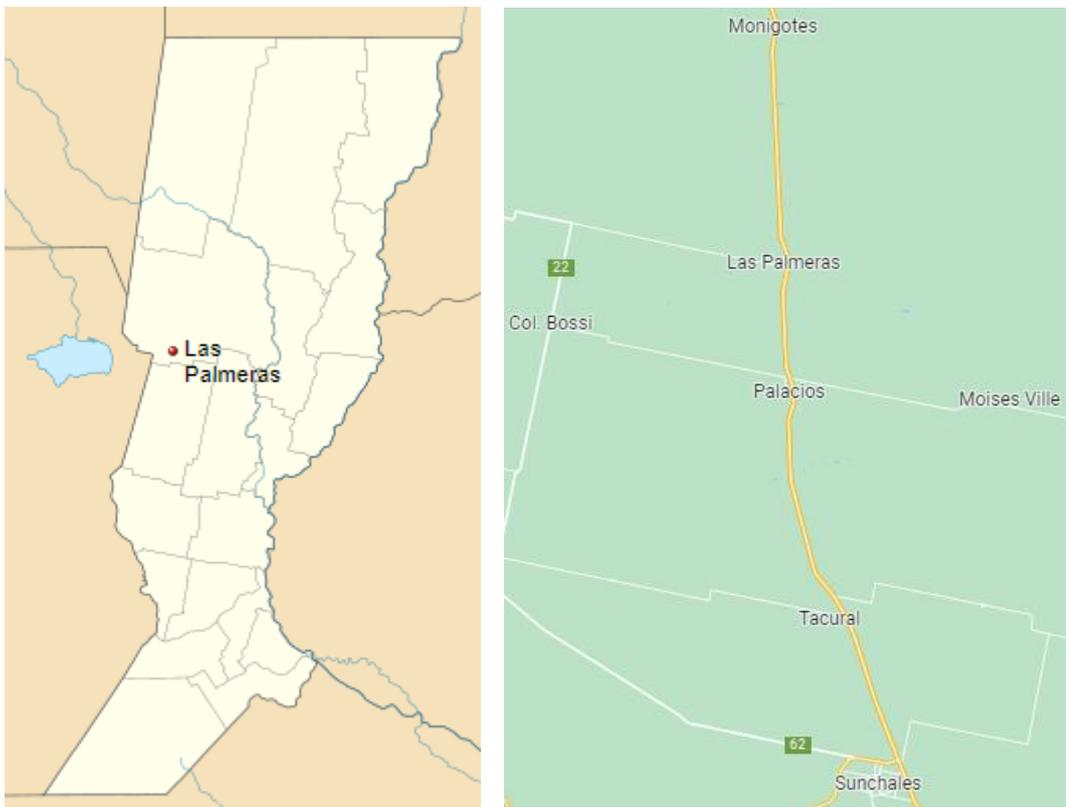


Figura 1.1: Ubicación dentro de la Provincia de Santa Fe
(Fuente: Google Maps)

Como se muestra en la figura 1.2, existen seis accesos desde la RN N°34. Los mismos no cuentan con los elementos viales adecuados para asegurar las maniobras de acceso pertinentes a una ruta nacional, excepto el acceso N°5, que cuenta con las dársenas de aceleración y desaceleración correspondientes. Dicho acceso se denomina “Avenida República Argentina” y en el mismo se encuentra la parada de ómnibus que permite el ascenso y descenso de pasajeros en colectivos de larga distancia.

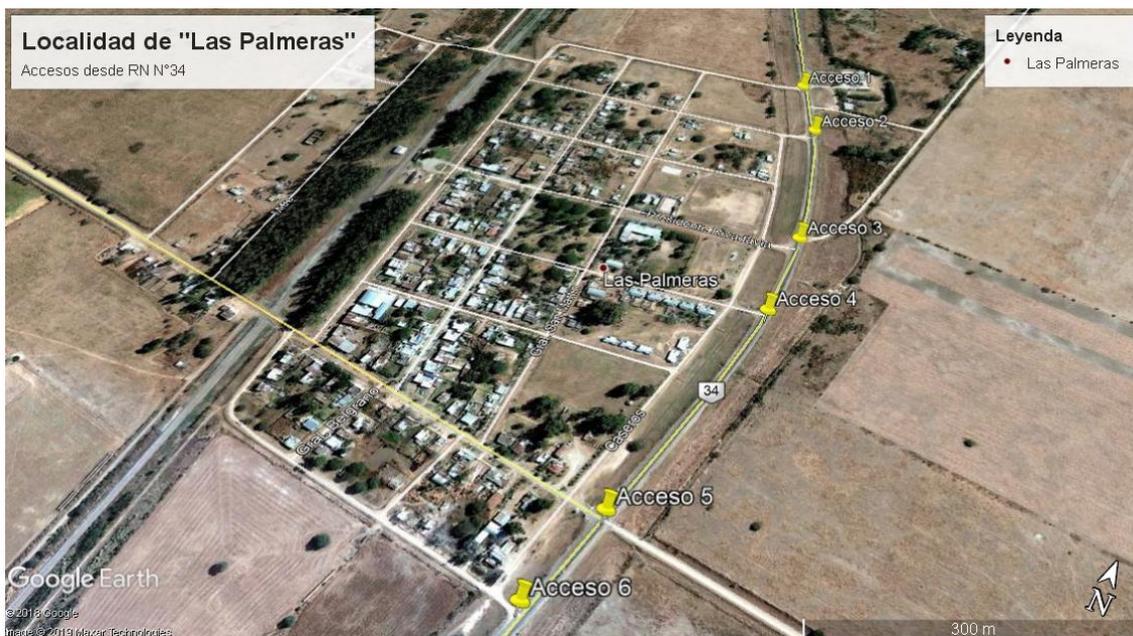


Figura 1.2: Accesos por Ruta Nacional N°34
(Fuente: Google Maps)

1.1.2. Historia

En 1904, con la llegada del tren por primera vez, se establecieron treinta familias de inmigrantes judíos provenientes de Europa y Rusia en el sitio donde luego se fundó este pueblo. Cada una de ellas tenía terrenos donados por la "Jewish Colonization Association", y se dedicaron a trabajar en actividades agrícolas ganaderas.

En sus comienzos la presencia judía era casi total, pero luego fue reduciéndose a una mínima expresión. En 1910 se instaló una sede de la "Mutual Agrícola Ltda. de Moisés Ville", por lo que contó con sinagoga, biblioteca y salón social. En 1924 se creó la primera Comisión de Fomento. El templo católico fue construido en 1950. Se supone que el éxodo judío comenzó en 1948 a partir de una grave sequía. La última vez que su sinagoga abrió fue en 1970.

1.1.3. Aspectos demográficos

De acuerdo al último Censo Nacional realizado en 2010, en la localidad de Las Palmeras la cantidad de habitantes era de 685. Como se puede apreciar en la tabla 1.1, en el censo anterior el número de habitantes alcanzó un pico de 707, por lo que se puede asegurar que el desarrollo poblacional está sufriendo una regresión. Esto se debe, seguramente, a los cambios sociales que impactan en las actividades económicas y comerciales.

Tabla 1.1: Datos Censos Nacionales INDEC

(Fuente: Elaboración propia, basado en [https://es.wikipedia.org/wiki/Las_Palmeras_\(Argentina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Las_Palmeras_(Argentina)))

Año	Censo
1991	697
2001	707
2010	685

Actualmente la población se encuentra distribuida en las 26 manzanas que conforman el mapa urbano; el tejido es del tipo compacto. La mayoría de los terrenos poseen sólo una

vivienda por lote, y no se observan complejos de departamentos. La densidad de población es baja.

1.1.4. Actividades económicas y sociales

Según lo conversado con el secretario de la Comuna de Las Palmeras, Sr. Adrián Racca, las actividades principales que se desarrollan en la localidad son inherentes al sector agropecuario. El 50% de la población activa se dedica a ganadería, apicultura y agricultura, mientras que el resto trabaja en el sector comercial, público y privado. No se desarrollan actividades industriales.

Las instituciones públicas se ubican principalmente sobre calles que, hasta el momento, cuentan con carpeta asfáltica, como ser avenida República Argentina, Los Colonizadores y Avenida del Trabajo, como se muestra en la figura 1.3. En el caso de la iglesia, la escuela y el centro cívico se ubican en calles cuya capa de rodamiento consiste en enripiado. La demanda de los habitantes del lugar, las condiciones de accesibilidad y el desarrollo de las actividades urbanas diarias hacen necesario el planteo del proyecto y solución viable de la red de pavimentos, así como el drenaje urbano.

Dada la compacidad de la trama urbana y la superficie ocupada, las modalidades de transporte para interconexión de los espacios donde se realizan las diferentes actividades sociales, comerciales e institucionales, no precisan de un esquema complejo de jerarquización vial, ya que la densidad de tránsito es baja.



Figura 1.3: Calzadas con carpeta asfáltica
(Fuente: Google Maps)

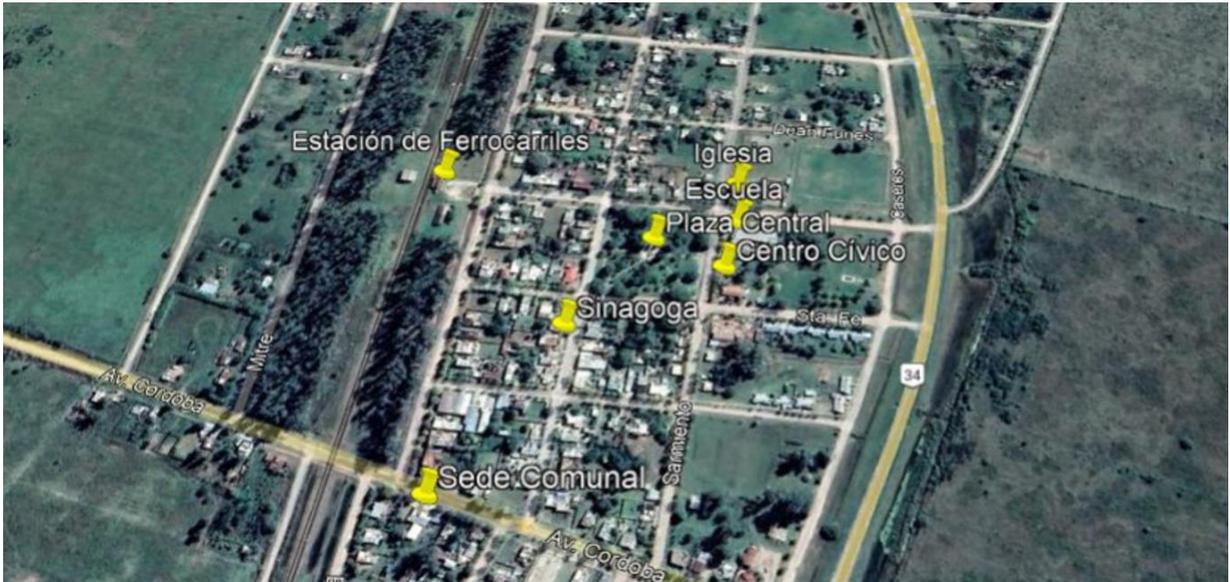


Figura 1.4: Instituciones Públicas
(Fuente: Google Maps)

En la figura 1.4, se muestran las instituciones estatales principales y espacios públicos. Se puede hacer mención a la distribución de la mayoría de ellas alrededor de la plaza central, como ser, la escuela, la comisaria, la capilla y en cercanías, el club deportivo y la sinagoga.

La comuna es la institución más concurrida y se ubica sobre Avenida Córdoba. Cabe mencionar que allí la población del distrito comunal puede realizar todos los trámites competentes al estado. Además, por tratarse de una localidad de baja densidad poblacional, en dicho lugar se efectúan el pago de jubilaciones y asignaciones y el cobro de impuestos.

1.1.5. Infraestructura urbana

La localidad de Las Palmeras cuenta con red eléctrica aérea, red de agua potable y sistema de recolección de residuos sin tratamiento posterior.

Actualmente no posee red de gas, red de cloacas ni planta de tratamientos correspondiente. La inexistencia de una planta de tratamientos de líquidos cloacales y de una planta de tratamiento de residuos sólidos, constituyen factores agravantes que ponen en alerta aún más a la sociedad ante un evento tal como una inundación, dado el grado de contaminación que ello implica.

1.1.6. Aspectos climáticos y pluviométricos

El clima en la localidad es acorde a las normas generales de la región. La precipitación anual promedio es de 934mm y la humedad relativa de 74%. El periodo lluvioso se da en verano, predominantemente en el mes de marzo.

Las Palmeras es un distrito que sufrió grandes inundaciones durante varias décadas desde el año 1970, tanto en la zona rural como en la zona urbana. Como consecuencia de estas masas de agua provenientes no solo de Las Palmeras, sino también de distritos vecinos como Colonia Bossi, Suardi y Monigotes, el pueblo sufrió varias veces anegamientos temporarios. En una primera instancia, se construyó la defensa hídrica para dar solución parcial a este problema. No obstante, esta medida requiere de un sistema complementario de microdrenaje que conduzca el agua de precipitaciones de la localidad hacia los canales externos a la defensa perimetral.

La cuenca urbana desemboca en dos canales que están ubicados al norte y al sur de Las Palmeras. Dada la existencia de graves problemas de escurrimiento, en el año 2013 por pedido del Presidente Comunal de turno, se gestionó ante las Autoridades de la Provincia de Santa Fe, la ampliación y profundización de dichos canales. El pedido resultó exitoso y se consiguieron obras para mejoras hidráulicas, no solo en lo referente a canalizaciones sino también en mejoras de la obra del terraplén de defensa de la zona urbana de Las Palmeras, ejecutada en condiciones de emergencia y finalizada en 2004, luego de una inundación ocurrida en el año 2003.

1.2. RED VIAL

A continuación, se procede a caracterizar la red urbana existente en la localidad.



Figura 1.5: Calles con cordón cuneta
(Fuente: Google Maps)

Como se puede observar tanto en la figura 1.5 como en el plano R02, ubicado en el Anexo II, se muestran las calles que cuentan con cordón cuneta de hormigón y calzada mejorada con ripio (en color verde) y las que tienen carpeta de rodamiento de concreto asfáltico, como ser Avenida República Argentina y Avenida los Colonizadores (en color rojo). El resto de las calles están mejoradas con ripio y sin cordón cuneta correspondiente.

El sistema de desagües existente combina los cordones cunetas de hormigón con cunetas sin tratamiento y su correspondiente red de alcantarillas de caños de hormigón premoldeado. Muchas de ellas se encuentran obstruidas por vegetación silvestre.

En cuanto a los perfiles de calles relevados, se identifican:

- Figuras 1.6 y 1.7: se observan los perfiles de calle que poseen cordón cuneta y carpeta asfáltica. Tienen un ancho de calzada igual a 8.70mts.
- Figura 1.8: se observa el caso particular de Avenida 12 de Octubre, que presenta un ancho de calzada de 14.65 mts.

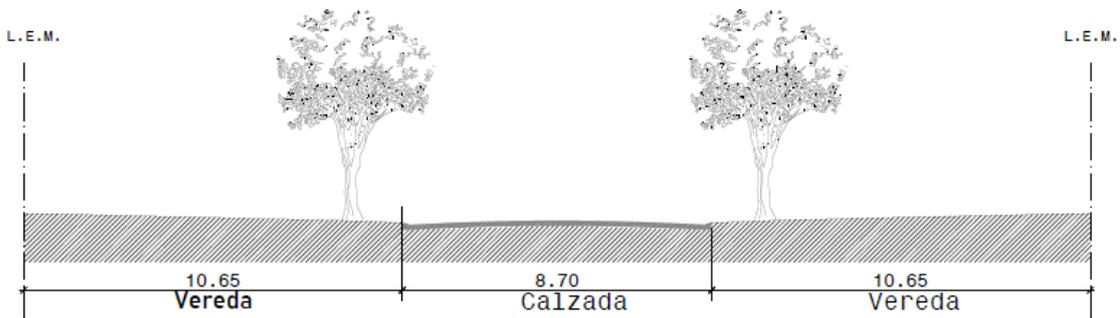


Figura 1.6: Perfil transversal de calles, ancho de camino de 30 metros.
(Fuente: Elaboración propia)

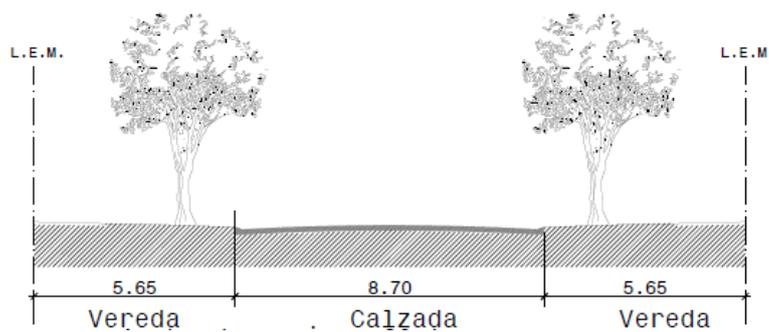


Figura 1.7: Perfil transversal de calles ancho de camino de 20 metros.
(Fuente: Elaboración propia)

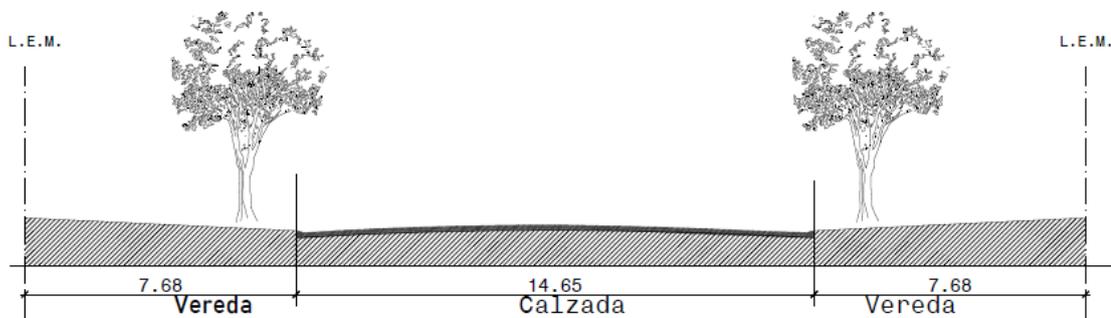


Figura 1.8: Perfil transversal de calles ancho de camino de 30 metros tipo 2.
(Fuente: Elaboración propia)

Por otra parte, se debe mencionar que, en inmediaciones al edificio comunal, la calzada está dividida por un cantero central de 1.20 mts de ancho, con las correspondientes columnas de iluminación. Las calzadas existentes se encuentran mejoradas con ripio. En cuanto al camino de la Estación de Ferrocarril, posee la calzada de ancho del orden de los 12 metros indivisa, y un espacio de estacionamiento sobre el predio del Ferrocarril.

1.2.1. Clasificación funcional

Las categorías que se definen a continuación están relacionadas con el movimiento socio-económico de la localidad, y reflejan las prioridades a la hora de pensar en el proyecto de red vial. Si se busca una mejora en la calidad de vida y en la seguridad vial de los habitantes, es necesario jerarquizar las arterias de tránsito vehicular.

El tránsito de vehículos pesados proveniente de la Ruta Provincial N°63-s, no está permitido en la avenida República Argentina, sino que para tal fin se determinó el “desvío de tránsito pesado” en la calle perimetral sur y su continuación como Avenida Córdoba, como se muestra en la figura 1.9 (en color amarillo). Esto implica que los vehículos deben tomar el camino alternativo sólo desviando su tránsito 100 metros hacia el sur. El mismo se emplaza sobre el terraplén que funciona como parte de la defensa hidráulica del pueblo, y en intersección con las vías del ferrocarril, retoma la dirección hacia la Ruta Provincial N°63-s.

Cabe mencionar que este camino es utilizado en gran medida por las maquinarias agrícolas que forman parte de este grupo de vehículos. Su tránsito es diario y tan importante como el de camiones.

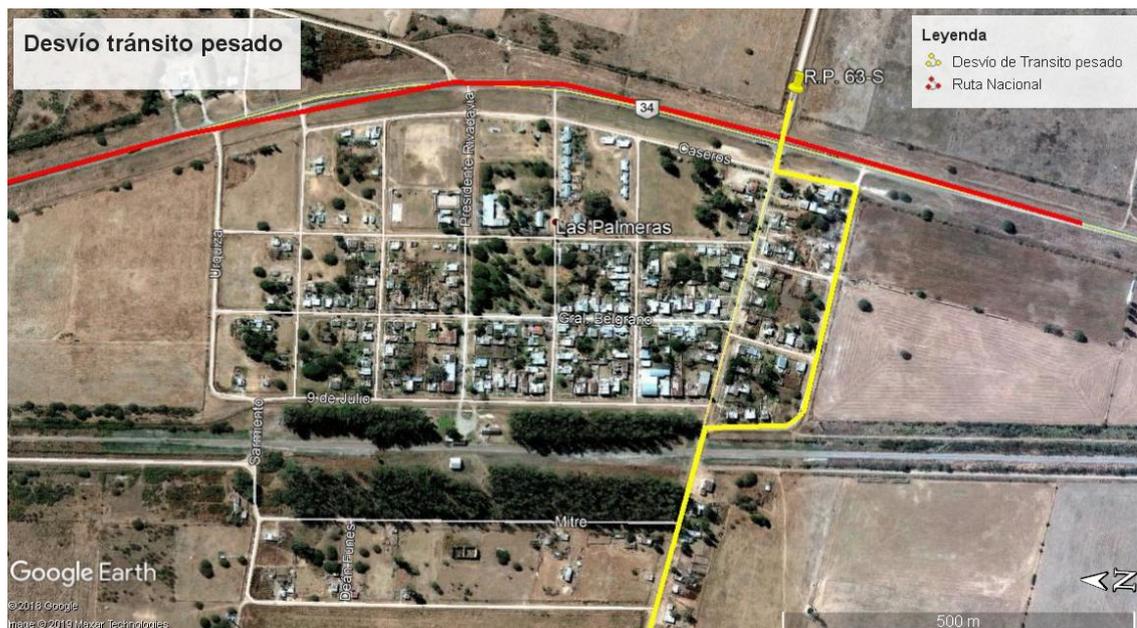


Figura 1.9: Desvío de tránsito pesado
(Fuente: Google Maps)

Según la configuración actual de Las Palmeras, las arterias principales se muestran en la figura 1.10 (en color magenta). Las mismas cuentan con cordón cuneta y pavimento del tipo flexible.

- El ingreso al pueblo a través de la Avenida República Argentina, y su continuación por Avenida Córdoba, donde se ubica la sede Comunal;
- Avenida Los Colonizadores, donde existe la Sinagoga y metros más adelante la plaza central con su correspondiente Centro Cívico, y su llegada hasta la Estación de Ferrocarril.

En el resto de las calles, se supone menor tránsito y tanto el ancho de calle como el paquete estructural de pavimento, pueden asimilarse al de arterias principales. Esto se debe, principalmente, a que el impacto del volumen de tránsito es el que determina las tipologías de paquetes estructurales de pavimento a utilizar para cada caso. En una localidad pequeña, los volúmenes no son representativos para marcar diferencia entre arterias principales y calles normales.

Este tipo de calzada se desarrolla a lo largo de 4300 metros aproximadamente.

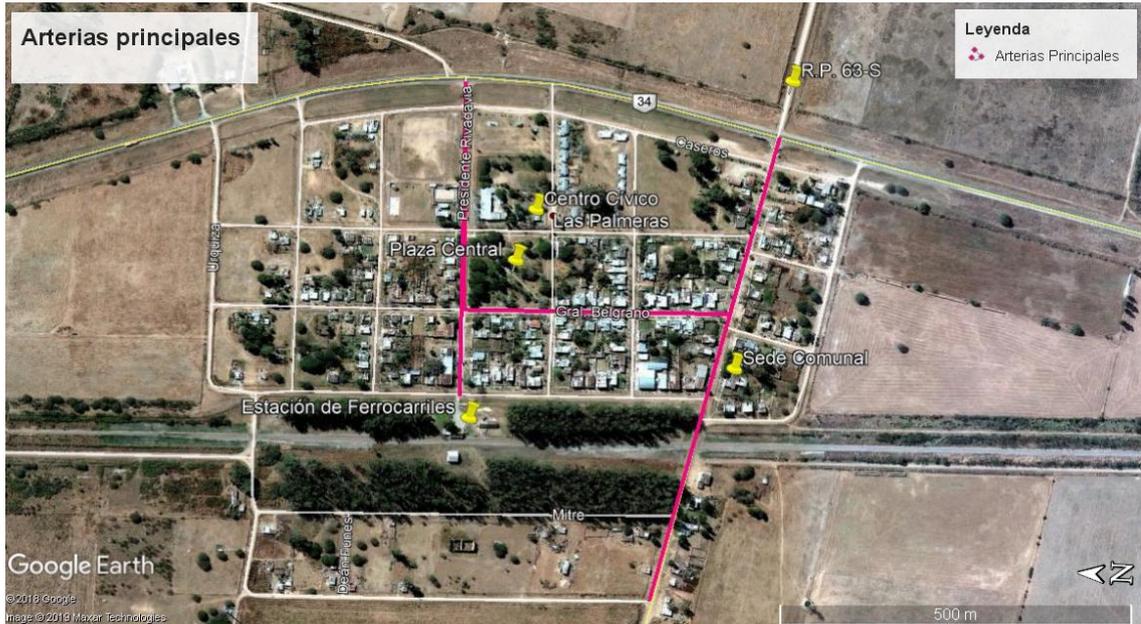


Figura 1.10: Arterias principales
(Fuente: Google Maps)

1.2.2. Problemática actual

Si bien la mayoría de los habitantes poseen vehículos propios, muchas personas dependen del traslado en colectivos hacia los centros regionales debido a la complejidad que concierne a la circulación por la Ruta Nacional N°34, columna vertebral del país, por el elevado tráfico diario. Por este motivo, el servicio de ómnibus genera la demanda de construcción de una Terminal, lo que permitiría la operación normal de los servicios actuales, tanto sea de personas como de paquetería y correspondencia.

En una de las entrevistas con el Sr. Adrián Racca, quien forma parte del equipo de gobierno comunal, se señalaron las posibles ubicaciones para la futura Terminal de Ómnibus. Las autoridades del pueblo deben determinar, a través de un análisis de funcionalidad, cuál sería la mejor opción, dado que los terrenos están disponibles para uso público. Uno de ellos, referenciado en la figura 1.11 con el número 1, y el otro, referenciado con el número 2.



Figura 1.11: Potenciales ubicaciones estación de ómnibus
(Fuente: Google Maps)

En el primer caso, la ubicación de la estación de ómnibus se plantea en la manzana N°1. En este punto, el ingreso y egreso desde la ruta nacional N°34 sería directo.

En el segundo caso, se plantea la ubicación en la esquina Sur-este de la manzana 20. Allí se tiene acceso directo desde Av. República Argentina y no se invade la zona de actividades públicas sociales. En esta variante, se ingresa al pueblo desde una dársena de desaceleración existente en la Ruta Nacional N°34, y se retorna por la misma avenida.

En caso de concretarse la obra de pavimentación del pueblo, debería haber una definición acerca de este asunto para considerarlo en el proyecto ejecutivo, atendiendo el estado de cargas que genera este tipo de vehículos y su tránsito regulado por el interior de la localidad.

1.3. TERRAPLÉN DE DEFENSA

Como se mencionó anteriormente, el pueblo cuenta con una defensa hídrica. A continuación, se presenta una breve descripción de la misma.



Figura 1.12: Defensa contra inundaciones
(Fuente: Google Maps)

En la figura 1.12, se muestra en color amarillo la traza del terraplén. Esta obra se ejecutó entre octubre del año 2003 y marzo del año 2005 y consistió en un levantamiento de las calles que bordean el pueblo, a niveles de cota superior, así como la construcción de alcantarillas de evacuación correspondientes. Otra de las obras que se ejecutó con posterioridad corresponde a las tareas de zanjeo hasta los canales Secundarios N° 2, al norte (lado izquierdo) y N°3, al sur (lado derecho), evitando el ingreso de agua proveniente de otras localidades y asegurando el correcto escurrimiento de las mismas. Dichos canales pueden observarse en la figura 1.13.

Según información brindada por el Comité de Cuencas de la Provincia de Santa Fe, la obra fue proyectada a raíz de las lluvias precipitadas en el mes de abril de 2003, durante un periodo de 6 días, en los cuales el valor acumulado de lluvias alcanzó los 254mm, de acuerdo a los datos otorgados por la Dirección General de Comunicaciones. Dicha precipitación está en correspondencia con una recurrencia de 10 a 20 años según las curvas IDF de la ciudad de Rafaela. Las alcantarillas ubicadas en cercanías a las vías del ferrocarril generaron la acumulación de las precipitaciones mencionadas y provocaron el efecto de remanso respecto a la zona ubicada aguas arriba. El nivel de inundación registrado alcanzó la cota IGM 93,90.

El terraplén está confeccionado con suelo compactado, sin tratamiento de la calzada.



Figura 1.13: Canal Secundario N°2 al norte y N°3 al sur.
(Fuente: Google Maps)

1.3.1. Geometría del terraplén

Como se observa en figura 1.14, el plano conforme a obra muestra los anchos de coronamiento en cada uno de los sectores que formaron parte de la obra.

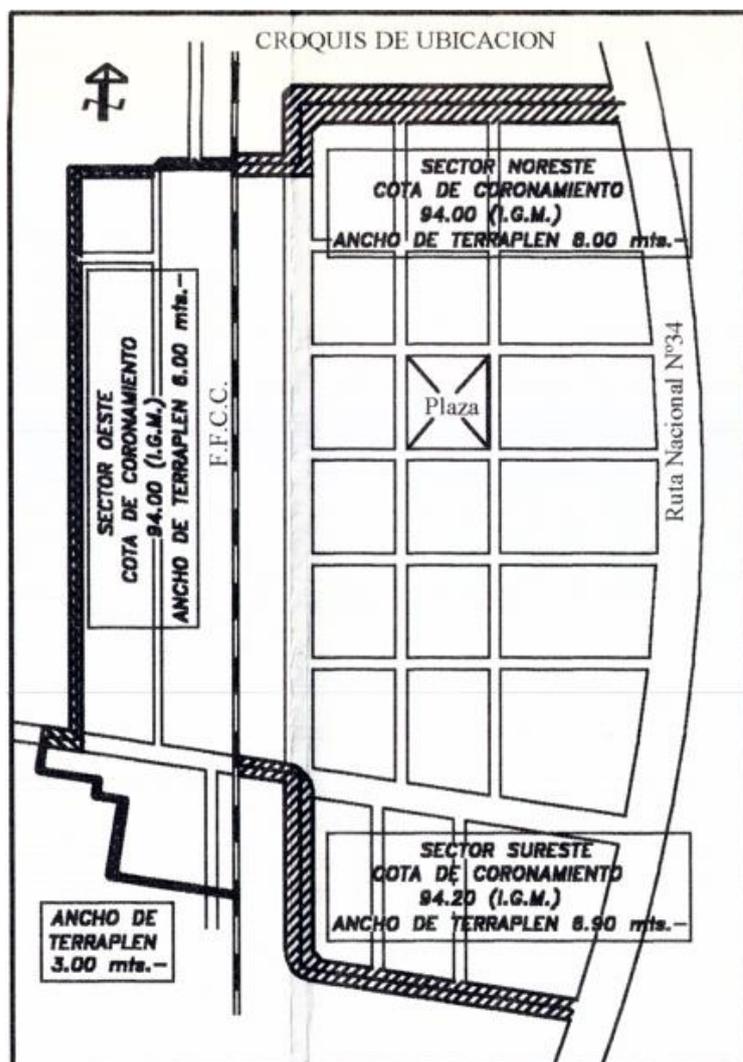


Figura 1.14: Plano conforme a obra Defensa contra inundaciones
(Fuente: Ministerio de Asuntos Hídricos de la Provincia de Santa Fe, 2004)

Las características geométricas de cada tramo son las siguientes:

- Sector “nor- este”: se ejecutó de ancho 8mts y cota coronamiento 94,00IGM
- Sector “sur-este”: el ancho de coronamiento es 6.00 mts y la cota 94,20 IGM
- Sector “oeste”: el terraplén tiene 6.00 mts de coronamiento y cota IGM 94,00
- Sector “sur-oeste”: ancho de coronamiento 3m.

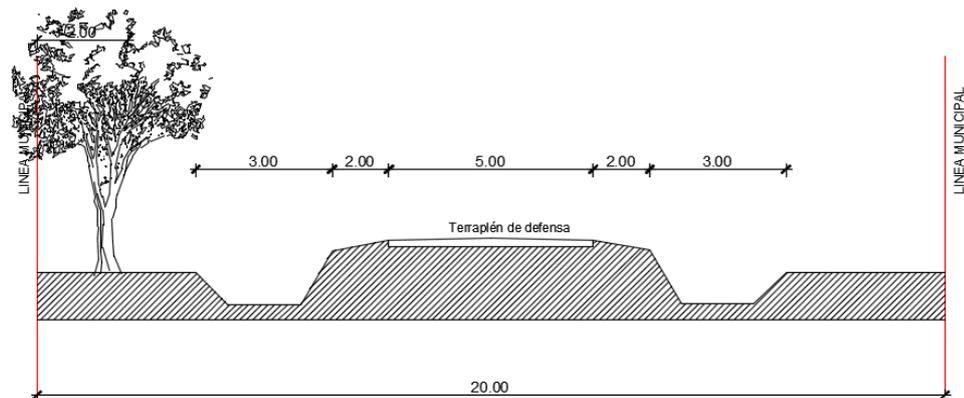


Figura 1.15: Sección transversal terraplén de defensa.
(Fuente: Elaboración propia)

En la figura 1.15 se esquematiza el impacto de la obra a nivel de terreno natural y a nivel de umbrales de vivienda. La cota de coronamiento se eleva, en promedio, 70 cm por encima del nivel de vereda en el límite norte del pueblo. Esto resulta inusual y, a la hora de adoptar los criterios de drenaje urbano, genera un tratamiento especial. En el sector sur, las diferencias de nivel son del orden de los 30 cm.

1.4. ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Existen programas de Ordenamiento Territorial que tienen por finalidad establecer objetivos comunes para la actuación ante riesgos de inundación, con la correspondiente coordinación de acciones entre los distintos actores que componen un equipo interdisciplinario, especialistas en la materia y el estado, contemplando el uso racional de los recursos tanto humanos como económicos.

Los principales aspectos teóricos a considerar en este punto son:

- Plan de ordenamiento articulado con plan de drenaje urbano y uso de espacios públicos como reservorios.
- Programa de manejo y calificación de áreas inundables.
- Gestión ambiental: limpieza, conservación, construcción de plantas de tratamiento de efluentes cloacales, gestión de los residuos sólidos.
- Gestión de suelo, regulaciones, edificabilidad.

En la Provincia de Santa Fe, el Decreto N° 0101/03, reglamentario de la Ley N° 11.717, define al Ordenamiento Territorial como una herramienta de planificación para la toma de decisiones sobre la localización de actividades en el espacio geográfico o ámbito físico de un territorio.

El estudio realizado en 2007 por el Ing. Gustavo Ferreira, del Ministerio de Asuntos Hídricos de nuestra Provincia, permite determinar el “Índice de priorización de localidades con riesgo de inundación de la cuenca del arroyo Cululú”. En la figura 1.16, se observa dicha cuenca.

Estudios como estos permiten tomar conciencia sobre la necesidad de aplicación de medidas y previsión de las obras civiles que se pueden ejecutar paulatinamente para reducir los riesgos de inundación de cada una de las localidades que integran la subcuenca.

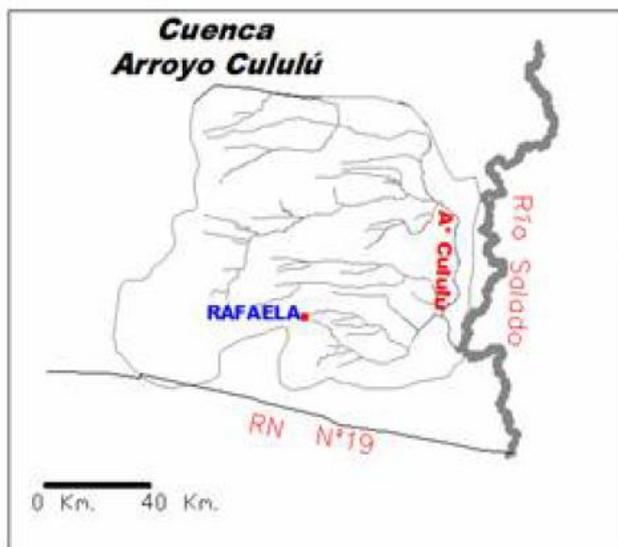


Figura 1.16: Cuenca Arroyo Cululú
(Fuente: Ferreira, 2007)

Según este estudio, la localidad de Las Palmeras no presentó índice significativo por su baja densidad demográfica, pero si merece un análisis de sensibilidad. Los resultados del mismo se observan en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: Índice de priorización por riesgo de inundación
(Fuente: Ferreira, 2007)

LOCALIDAD	POBLACIÓN DISTRITO (censo 2001 – INDEC)	LOCALIDAD	INDICE DE PRIORIZACIÓN
Rafaela	83642	Rafaela	221,61
Sunchales	18711	Sunchales	55,36
Moises Ville	2575	Elisa	30,30
Felicia	2256	Vila	29,15
Ramona	1750	Ramona	23,28
Elisa	1703	Colonia Bossi	21,09
Vila	1678	Colonia Aldao	20,32
Colonia Aldao	1610	Moises Ville	20,01
Sarmiento	1562	Aurelia	19,55
Tacural	1452	Hugentobler	19,54
La Pelada	1347	Bauer y Sigel	18,78
Pdte. Roca	980	La Pelada	18,58
Eusebia	979	Palacios	18,26
Bella Italia	877	Pdte. Roca	17,08
Las Palmeras	696	Las Palmeras	15,36
Palacios	633	Tacural	15,35
Bauer y Sigel	517	Marini	15,07
Colonia Bossi	443	Bella Italia	13,92
Aurelia	283	Sarmiento	13,66
Virginia	275	Felicia	12,88
Marini	217	Virginia	10,46
Hugentobler	143	Eusebia	9,37

Como conclusión, se puede verificar que el número de habitantes es el factor más influyente a simple vista, ya que entre las primeras diez filas solo aparecen dos localidades con baja población y con índice representativo, como son Colonia Bossi y Aurelia.

Por otra parte, dado lo acontecido en 2003 por lluvias excesivas que provocaron las inundaciones de la localidad de Las Palmeras, merece mencionar que la evaluación del orden de priorización es algo que debe efectuarse periódicamente.

Las condiciones de las distintas localidades de la cuenca, van cambiando constantemente debido a las obras de drenaje ejecutadas, como ser dragado de cunetas, canales, impermeabilización de superficies, construcción de defensas hídricas y las correspondientes estructuras de control. Esto quiere decir que las obras tienen impacto directo en aquellas localidades ubicadas tanto aguas arriba como aguas abajo de su ubicación.

Las medidas estructurales adoptadas en cada localidad en estudio apuntan a mejorar la infraestructura, pero no es allí donde finaliza el abordaje de la problemática. Es necesario tomar medidas de mitigación no estructurales relacionadas al monitoreo del clima y del nivel freático, y aplicar programas de ordenamiento territorial.

CAPÍTULO 2

PROYECTO DE PAVIMENTO URBANO

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

El pavimento urbano como proyecto de inversión genera nuevas conexiones entre centros comerciales, residenciales, de salud e instituciones, y desde el punto de vista funcional permite la evacuación de las aguas pluviales en forma ordenada hasta su encauce en las canalizaciones correspondientes. Es decir, que interviene en el desarrollo social y económico de la población, así como también brinda mayor comodidad en días de lluvia.

Las necesidades detectadas y valorizadas son aquellas que llevan a la búsqueda de soluciones ingenieriles para mejorar la calidad de vida de los habitantes. La planificación urbana surge de un arduo análisis y evaluación de condiciones y condicionantes que deben ser tenidos en cuenta a la hora de proyectar una red de pavimentos sobre una localidad existente.

Consecuentemente, se ofrece un estudio y evaluación de alternativas que permiten elegir un tipo de calzada a través de la relación costo-beneficio. Las opciones más comunes en nuestra región son:

- Cordón cuneta con mejorado de ripio
- Cordón cuneta con pavimento flexible
- Pavimento rígido con cordón

Por razones económicas, el terreno debe tener una compensación entre desmonte y terraplenamiento de suelo. Por lo tanto, es necesario estudiar las condiciones actuales del mismo para arribar al proyecto que más se ajuste a optimizar recursos.

Cabe mencionar la importancia de la coordinación de todos los proyectos de infraestructura frente al proyecto de pavimento, para preveer los cruces de calle con otras instalaciones de tal modo que tengan el menor impacto posible. Por lo general en estos casos se suelen pasar los cruces de calle de instalaciones continuando tramos rectos desde las veredas, por lo tanto el cruce de calle queda en correspondencia con las aletas (empalmes de tramos rectos en boca-calles).

El movimiento de suelo de los cruces de calle de las instalaciones que componen la red de infraestructura urbana, más allá de la normalización del tratamiento de zanjas, se debe controlar en forma rigurosa con el fin de evitar posteriores problemas de asentamiento en el pavimento. Por otra parte, los planos conforme a obra de los cruces de calle de las instalaciones son de utilidad para tareas de mantenimiento y/o reparación.

Lo planteado forma parte de la infraestructura necesaria para el desarrollo y crecimiento de la población.

2.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS: TIPOS DE PAVIMENTO

Los paquetes estructurales que componen cada uno de los tipos de pavimentos poseen un determinado conjunto de capas, y cada una de ellas, con su espesor definido, aporta determinada resistencia que le da aptitud al conjunto según los requerimientos de uso.

En el caso de pavimentos rígidos, la losa de hormigón presenta bajas deflexiones bajo acción de tránsito, ya que el hormigón tiene un elevado módulo de elasticidad y es capaz de

distribuir las cargas en mayores superficies. De este modo, reduce los esfuerzos transmitidos a capas inferiores. Para este tipo de pavimento, se requiere una superficie de apoyo que absorba uniformemente las deformaciones provocadas por las solicitaciones.

En cuanto a pavimentos flexibles, constan de una delgada capa de rodadura asentada sobre las capas inferiores que son las que aportan la resistencia del paquete estructural para absorber las tensiones solicitantes, siendo necesario un conjunto de 1 a 3 capas sumadas al tratamiento de la subrasante.

En la figura 2.1, se representa esquemáticamente la forma de transmisión de cargas para estos dos tipos de pavimentos.

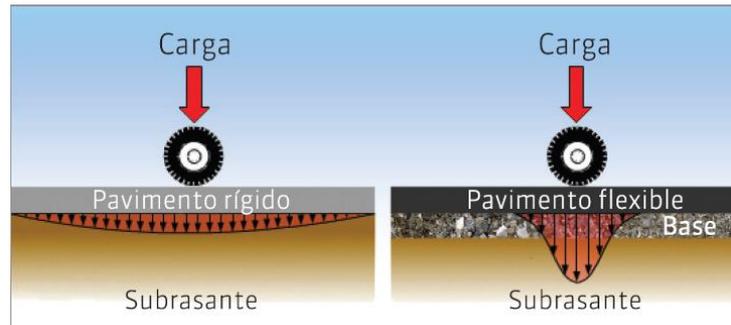


Figura 2.1: Distribución de tensiones en pavimentos rígidos y flexibles
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Según un relevamiento realizado por el Instituto de Cemento Pórtland Argentino (ICPA), la tendencia en nuestro país se orienta a pavimentar con hormigón las calzadas urbanas. Esta situación se representa en la figura 2.2.

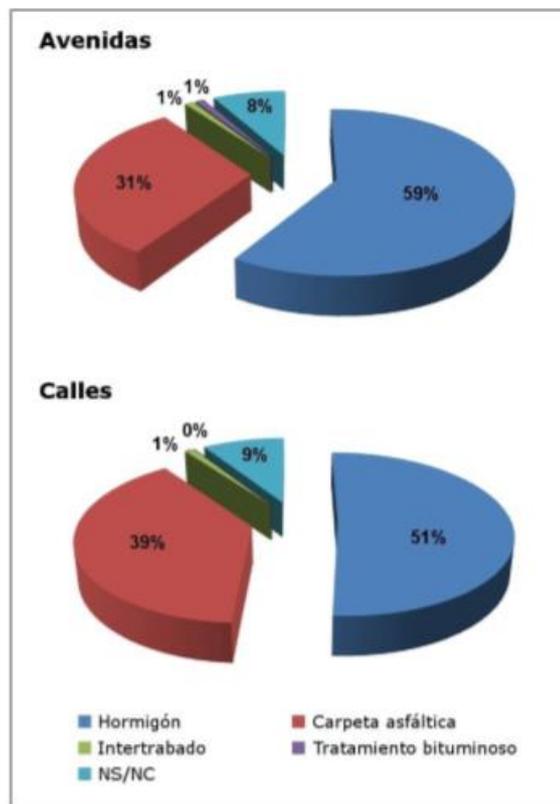


Figura 2.2: Estadísticas sobre uso de los distintos pavimentos y tratamientos de calzadas
(Fuente: Calo y Polzinetti, 2016)

A la hora de seleccionar el tipo de pavimento a proyectar, se deben evaluar diversos aspectos. El aspecto económico es el determinante principal, pero es imprescindible analizar la factibilidad de obtención de materiales necesarios, los plazos de obra que implica cada caso, la interferencia en mayor o menor medida que pueda haber con la vida social del sector de obra, la vida útil y su consecuente costo ecológico, además de los costos de mantenimiento. Por otro lado, el confort o mejoramiento de calidad de vida de los vecinos beneficiados por la obra merece también su mención.

2.2.1. Confort

En este punto se debe mencionar que el tipo de pavimentación menos confortable para conductores es el ripio, en especial para vehículos de dos ruedas. Por este motivo, como pavimento urbano siempre es preferible calzadas de hormigón o asfalto, ya que brindan mayor estabilidad.

2.2.2. Costo ecológico

Aquí encontramos otra contraindicación para calzadas de ripio. Esto se debe a que, con el correr del tránsito, el agregado tiende a esparcirse implicando una vida útil muy corta y un alto costo ecológico de mantenimiento, no solo por la extracción de piedra en cantera, sino por los fletes y horas de máquinas a combustión necesarias para el trabajo.

Algo similar ocurre con los pavimentos flexibles. La vida útil es corta en relación a pavimentos rígidos, además de requerir paquetes estructurales de gran espesor, lo cual implica mayor movimiento de suelo y horas de máquinas.

La mayor vida útil suele lograrse con los pavimentos de hormigón.

Resumiendo, se puede decir que la diferencia de costo ecológico de las tres opciones mencionadas no radica en la obtención de los materiales, ya que cada material tiene su huella ecológica asociada y sus correspondientes medidas de mitigación de daño ecológico. La diferencia radica en los procesos de construcción, reparación y mantenimiento a lo largo de la vida útil.

Por otro lado, existe una ventaja en los pavimentos de hormigón por su color más claro, que permite una mayor reflexión de la radiación solar y por lo tanto disminuye el efecto de calentamiento de núcleos urbanos. Por otro lado, el hecho de poseer color claro mejora la visibilidad de las vías.

2.2.3. Plazos de obra

La experiencia colectiva indica que la obra pública siempre afecta la vida cotidiana de los vecinos, principalmente por presencia de personas, máquinas y ruidos que interfieren en el normal transcurso de la rutina de descansos y transporte de las personas.

Dentro de las tres opciones estudiadas en el presente trabajo, la alternativa de mayor ritmo de trabajo, de habilitación inmediata y menos invasiva del sector es el enripiado. En otro extremo, la calzada asfáltica es la que mayor tiempo suele requerir debido al importante movimiento de suelo que implica.

2.2.4. Obtención de materiales

Para el caso de pavimento de Las Palmeras es determinante la inexistencia de una planta de asfalto cercana. El costo de implantación del sistema necesario excedería los límites de la rentabilidad.

En comparación, el hormigón elaborado puede conseguirse con mayor flexibilidad de turnos y horarios.

2.2.5. Aspecto económico

En el presente apartado se presentan los análisis de costos de cada alternativa planteada. Se evaluaron los costos de un metro cuadrado de pavimento a modo comparativo, para cada paquete estructural correspondiente a calles comunes. No se tuvo en cuenta el movimiento de suelo previo para llegar a cotas de proyecto, el cordón cuneta ni las obras de desagüe, ya que el trabajo es similar para cualquiera de las tres alternativas.

Se aclara que los precios considerados son en base a datos de febrero de 2022.

Asimismo, se extrapola el costo de mantenimiento de cada tipología a 30 años, que es el plazo de vida útil estimado para el pavimento rígido, mientras que para pavimento flexible se considera necesaria una repavimentación a los 15 años.

2.3. CORDÓN CUNETA Y CALZADA ENRIPIADA

Se planteó para todas las calzadas del pueblo la ejecución de un enripiado de 15 cm de espesor como opción más económica de mejoramiento de calzada. El diseño de la sección transversal consiste en paquete simétrico de una pendiente del 3%. En condiciones normales, una vez nivelada, estabilizada y compactada la subrasante, se escarifica la superficie y se agrega la mezcla de suelo y ripio en una proporción de 70% y 30% respectivamente.

2.3.1. Costos

En la tabla 2.1 se detallan los costos correspondientes a la construcción de un metro cuadrado para esta primera opción de comparación.

Tabla 2.1: Análisis de costo unitario de calzada enripiada
(Fuente: Elaboración propia)

Red Vial				m2	
Estabilizado suelo ripio					
Componentes	Unidad de Medida	Cantidad de unidades	Precio Unitario	Precio Total	
a. Materiales					
Ripio	Tn	0,2475	2771,90	\$	686,05
Suelo seleccionado	m3	0,10	850,00	\$	82,88
b. Mano de Obra					
Oficial especializado	hs	0,02	\$ 896,00	\$	17,92
Oficial	hs	0,02	\$ 764,00	\$	15,28
Ayudante	hs	0,05	\$ 647,00	\$	32,35
c. Equipos					
Motoniveladora	hs	0,01	\$ 6.500,00	\$	65,00
Vibrocompactador	hs	0,03	\$ 6.500,00	\$	195,00
Camión	hs	0,01	\$ 3.000,00	\$	30,00
Tractor (Regador/Rastra y disco)	hs	0,03	\$ 4.000,00	\$	120,00
			(1) TOTAL DEL COSTO		\$ 1.244,47

Tabla 2.1: Análisis de costo unitario de calzada enripiada (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia)

Red Vial				m2
Estabilizado suelo ripio				
Componentes	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
d. Gastos Generales				
% de (1)	20.0%			\$ 248.89
SUBTOTAL (2)				\$ 248.89
e. Beneficios				
% de (1)+(2)	10.0%			\$ 149.34
f. Gastos Financieros				
% de (1)+(2)	5.0%			\$ 74.67
SUBTOTAL (3)				\$ 224.00
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)				\$ 1,717.37

Se estima que el costo de mantenimiento anual de caminos de ripio es del 100% respecto al costo de construcción. Por lo tanto, para un lapso de 30 años el costo acumulado de construcción y mantenimiento base, sin considerar actualización de precios, sería el calculado en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Análisis de costo de mantenimiento de calzada enripiada
Fuente: Elaboración propia

Costo construcción (1 m2)	\$ 1.717,37	(A)
Costo anual mantenimiento (1 m2)	\$ 1.717,37	(B)
Costo total 30 años (1 m2)	\$ 53.238,45	(A)+30x(B)

2.4. PAVIMENTO DE HORMIGÓN SIMPLE CON CORDÓN

Actualmente, las calles en correspondencia con la defensa perimetral, cuentan con firme natural como capa de rodamiento y cunetas para escorrentía pluvial. Se planteó la opción de pavimento rígido con pendiente uniforme hacia la cuneta externa y acequias sobre el lado interno de la calzada en el tramo ubicado sobre el terraplén de defensa hídrica y control de erosión de taludes externos de dicho tramo. En las calles y avenidas situadas en el interior de la defensa, se planteó pavimento con cordones y gálibo simétrico a ambos lados del eje longitudinal de cada calzada.

En cuanto al diseño del paquete estructural, se identifican tres capas necesarias: subrasante, base y capa de rodamiento. Para la subrasante se planteó el escarificado de la calzada existente, terraplén con suelo seleccionado y compactación hasta las cotas de proyecto. La base, en los sectores donde es necesaria, se consideró de suelo cal y la capa de rodamiento con losas de hormigón.

Si se toman las recomendaciones publicadas en el Manual de Pavimentos Urbanos del ICPA (Calo y Polzinetti, 2016), los suelos con grados de expansión medio o bajo no requieren tratamiento con cal para uso como subrasante. El mejoramiento de suelos con cal para subrasantes se sugiere cuando se presentan suelos A6 o A7 (clasificados CH-MH-OH). No ocurre lo mismo para el caso de la base.

En nuestro caso, el suelo tiene un índice de plasticidad menor a 15, por lo tanto, puede considerarse de bajo grado de expansión y prescindimos del uso de cal en subrasante.

La tabla 2.3 indica los tipos de bases recomendadas para pavimentos urbanos rígidos. Si bien en Las Palmeras el tránsito de vehículos pesados por día es menor a 100, optaremos para el desvío de tránsito pesado una base de suelo cal de 20 cm.

Tabla 2.3: Relación entre tipo de base, tipo de arteria, tránsito y erosión
(Fuente: Calo y Polzinetti, 2016)

Clase	Potencial de Erosión	Tipo de material	Nivel de Tránsito Pesado	Tipo de Arteria
A	Extremadamente Resistente a la erosión	Hormigón pobre o mezclas de concreto asfáltico	Más de 2000 vehículos pesados por día	Travesías o Arterias Urbanas con flujo ininterrumpido de tránsito pesado
B	Resistente a la erosión	Material granular tratado con 5 % de cemento	Más de 2000 vehículos pesados por día	Travesías o Arterias Urbanas con flujo ininterrumpido de tránsito pesado
C	Resistente a la erosión bajo ciertas condiciones	Material granular elaborado en planta con 3,5 % de cemento o 3 % de asfalto	Entre 400 y 2000 vehículos pesados por día	Avenidas principales o Travesías con tránsito pesado frecuente
D	Bastante erosionables	Material granular elaborado in situ con 2,5 % de cemento; suelos finos tratados con cemento in situ; Materiales granulares limpios, bien graduados y de buena calidad	Entre 100 y 400 vehículos pesados por día	Avenidas o arterias colectoras con tránsito pesado o calles residenciales con circulación de ómnibus
E	Muy erosionables	Materiales granulares contaminados no tratados; Suelos finos no estabilizados	Menos de 100 vehículos pesados por día	Calles residenciales u otras arterias con circulación esporádica de vehículos pesados

Para dimensionar el espesor de calzada se consideró el método PCA-1984 (de la Portland Cement Association) que incluye análisis de falla por fatiga y de pérdida de soporte por erosión. La resistencia a la fatiga consiste en mantener los esfuerzos producidos por cargas repetitivas dentro de los límites de la seguridad y prevenir el agrietamiento. El control de erosión intenta limitar los efectos de la deflexión en bordes, juntas y esquinas de las losas. Estos análisis tienen como punto de partida el módulo de reacción o el módulo resiliente, dependientes del valor soporte relativo obtenido de ensayo CBR. Este método es un procedimiento empírico – mecanicista que tiene en cuenta las siguientes variables:

- Módulo de reacción de la subrasante (k)
- Módulo de reacción combinado subrasante-base (kcomb)
- Resistencia media a flexión del hormigón a 28 días (MR)
- Tipo de transferencia de carga en juntas (uso o no de pasadores)
- Condición de soporte en bordes (tipo de banquina o cordón)
- Volumen de tránsito y distribución de cargas por eje.
- Factor de seguridad de carga (FSC)

En el método utilizado cada variable de diseño se obtiene de distintos ábacos y/o fórmulas. Dado que el procedimiento consiste en proponer y verificar secciones, se elabora para este trabajo una planilla de cálculo para agilizar el análisis de posibilidades.

En el Anexo I-1 se presentan la memorias de cálculo para determinación de paquetes estructurales de pavimento rígido para los casos de calles comunes y de tránsito pesado.

a- Tránsito pesado

En este caso se propuso un espesor de 15 cm de hormigón sobre una base de suelo cal de 20 cm, según se observa en la figura 2.3. Se calcularon los números de repeticiones admitidas por fatiga y por erosión y se compararon con los valores de repeticiones esperadas.



Figura 2.3.: Paquete estructural para calzada de hormigón en tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 2.4 se muestran las planillas de verificación de las variables para el caso de las calles utilizadas para el desvío del tránsito pesado.

Tabla 2.4: Variables de diseño para tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLES DE DISEÑO			
K	Módulo de reacción de la subrasante	35,00	MPa/m
Eb	Espesor de la base	0,20	m
kcomb	Módulo de reacción combinado	49,00	MPa/m
σ_b	Resistencia media a flexión del hormigón a 28 días.	35,00	MPa
	Uso de pasadores	No	
	Condición de borde	Cordón cuneta	
	Volumen de tránsito diario	20,00	Camiones
VERIFICACIÓN			
	Carga máxima por eje	6,00	Ton
	Factor de Seguridad de Carga (FSC)	1,10	
	Carga mayorada	6,60	Ton
	Volumen de tránsito diario (camiones por carril)	10	
	Ejes por camión	4	
	Período de diseño	10.950	días
	Total de repeticiones esperadas	438.000	
	Espesor propuesto de losa	15,00	cm
	Tensión equivalente	2,08	MPa
	Módulo de rotura	4,73	MPa
	Factor de relación de tensiones	0,44	
	Número de repeticiones permitidas por fatiga	infinito	Verifica
	Factor de erosión	2,93	
	Número de repeticiones permitidas por erosión	18.000.000	Verifica

b- Arterias principales y calles comunes

El procedimiento de determinación de paquete estructural es similar al utilizado para tránsito pesado, con la diferencia que, en arterias principales y calles comunes, sólo se consideró

subrasante compactada. Como se puede observar en la tabla 2.3, para calzadas con menos de 100 vehículos pesados por día, los suelos finos sin estabilizar coincidentes con nuestra subrasante pueden funcionar como base.

De esta manera, se verifica el espesor de hormigón propuesto de 15 cm según figura 2.4.

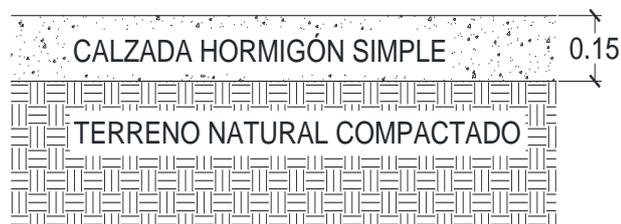


Figura 2.4.: Paquete estructural para calzada de hormigón en calles comunes
(Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 2.5, se presentan las planillas de verificación de este paquete estructural, respecto a criterios de fatiga y erosión.

Tabla 2.5: Variables de diseño para calles comunes
(Fuente: Elaboración propia)

Calles Comunes - Pavimento Rígido			
VARIABLES DE DISEÑO			
K	Módulo de reacción de la subrasante	35,00	MPa/m
σ_b	Reistencia media a flexión del hormigón a 28 días.	35,00	MPa
	Uso de pasadores	No	
	Condición de borde	Cordón cuneta	
	Volumen de tránsito diario	20,00	Camiones
VERIFICACIÓN			
	Carga máxima por eje	6,00	Ton
	Factor de Seguridad de Carga (FSC)	1,00	
	Carga mayorada	6,00	Ton
	Volumen de tránsito diario (camiones por carril)	10	
	Ejes por camión	2	
	Período de diseño	10.950	días
	Total de repeticiones esperadas	219.000	
	Espesor propuesto de losa	15,00	cm
	Tensión equivalente	2,22	MPa
	Módulo de rotura	4,73	MPa
	Factor de relación de tensiones	0,47	
	Número de repeticiones permitidas por fatiga	infinito	Verifica
	Factor de erosión	2,95	
	Número de repeticiones permitidas por erosión	11.000.000	Verifica

2.4.1. Costos

El costo unitario de la unidad de superficie de pavimento rígido correspondiente al paquete estructural de calles comunes se presenta en la tabla 2.7, junto al análisis del costo de

mantenimiento en la tabla 2.6. El plazo de vida útil de este tipo de pavimentos se considera de 30 años. Se estima que el costo de mantenimiento anual de caminos de hormigón es del 30% respecto al costo de construcción.

Tabla 2.6: Análisis de costo de mantenimiento calles hormigón
(Fuente: Elaboración propia)

Costo construcción	\$ 5.202,06	(A)
Costo anual mantenimiento	\$ 1.560,62	(B)
Costo total 30 años	\$ 52.020,58	(A)+30x(B)

Tabla 2.7: Análisis de costo unitario de construcción calles hormigón
(Fuente: Elaboración propia)

Red Vial				m2
Pavimento de hormigón H-30 de 15 cm de espesor				
Componentes	Unidad de Medida	Cantidad de unidades	Precio Unitario	Precio Total
a. Materiales				
Hormigón H30	m3	0,165	\$ 13.639,67	\$ 2.250,55
Arena	Tn	0,03	\$ 1.792,56	\$ 53,78
Asfalto modificado	kg	0,5	\$ 311,57	\$ 155,79
b. Mano de Obra				
Oficial especializado	hs	0,30	\$ 896,00	\$ 268,80
Oficial	hs	0,60	\$ 764,00	\$ 458,40
Ayudante	hs	0,90	\$ 647,00	\$ 582,30
c. Equipos				
				\$ -
(1) TOTAL DEL COSTO				\$ 3.769,61
d. Gastos Generales				
% de (1)	20,0%			\$ 753,92
SUBTOTAL (2)				\$ 753,92
e. Beneficios				
% de (1)+(2)	10,0%			\$ 452,35
f. Gastos Financieros				
% de (1)+(2)	5,0%			\$ 226,18
SUBTOTAL (3)				\$ 678,53
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)				\$ 5.202,06

2.5. PAVIMENTO ASFÁLTICO CON CORDÓN CUNETA

Para el dimensionamiento de paquetes estructurales flexibles, se utilizó el método A.A.S.H.T.O. 1993 (de la American Association of State Highway and Transportation Officials), que es del tipo empírico y se originó en Estados Unidos en 1960. Las premisas básicas del método consisten en que el material responde de forma correcta, bajo un adecuado espesor. La caída de serviciabilidad está dada en función del número de

reiteraciones de ejes de referencia, y depende de una combinación entre espesores y calidades de materiales que constituyen la estructura.

El método consiste en sumar el coeficiente de aporte estructural de cada capa, que se determina en función del módulo de resiliencia. Luego se verifica que el paquete estructural en conjunto cumpla con los requerimientos para cada caso.

2.5.1. Desempeño del pavimento

- Desempeño estructural: está dado por las limitaciones que presenta el pavimento físicamente, ante factores que inciden negativamente sobre su capacidad para soportar las cargas de tránsito.

- Desempeño funcional: está dado por el factor de confort que presenta la vía durante la conducción.

El desempeño del pavimento se cuantifica mediante el índice de serviciabilidad presente (ISP), que varía en función de la durabilidad.

2.5.2. Subrasante

El método no incluye la subrasante como parte del paquete estructural, pero si exige como propiedad fundamental el módulo de resiliencia del suelo entre 300 y 800 Kg/cm².

2.5.3. Dimensionamiento

En el Anexo I-2 se presentan las memorias de cálculo para determinación de paquetes estructurales de pavimentos flexibles para los casos de calles comunes y de tránsito pesado, obtenidas mediante el método AASHTO '93.

a- Paquete estructural para tránsito pesado

El esquema de paquete estructural adoptado se presenta en la figura 2.5.

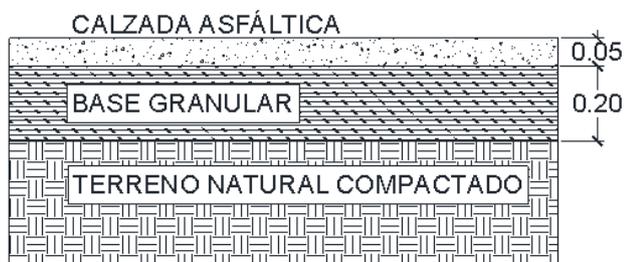


Figura 2.5.: Paquete estructural asfáltico para tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 2.8 se expresan los parámetros considerados para el diseño.

Tabla 2.8: Parámetros de cálculo para tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

	Parámetro	Cantidad	Unidad
A	Volumen de tránsito diario	20	camiones
B	Carga máxima por eje	6,00	toneladas
C	Cantidad de ejes por camión	4	ejes
D	Período de diseño	5.475	días
E	Total de repeticiones esperadas vida útil	438.000	ejes 6 ton
F	Ejes equivalentes 80 KN (8,2 ton)	320.488	ejes 8,2 ton

A continuación, la Tabla 2.9 resume los resultados arrojados por el método.

Tabla 2.9: Variables de diseño para tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLES DE DISEÑO	Nomenclatura	Valor	Unidades		
TRÁNSITO	W18	320.488	Ejes equiv de 80 kn		
CONFIABILIDAD	R(%)	90			
DESVIACIÓN	Zr (-)	-1,282			
ERROR ESTANDAR	So	0,45			
ÍNDICE SERVICIABILIDAD FINAL	Δ PSI	2,5			
Módulo Resiliente subrasante	M _{rsub}	6.000	psi		
Módulo Resiliente base	M _{r2}	30.000	psi		
Coeficiente estructural asfalto	a ₁	0,51			
Módulo Resiliente carpeta asfáltica	M _{r1}	652.500	psi		
Coeficiente drenaje base granular	m ₂	0,95			
Coeficiente estructural base	a ₂	0,14			
CÁLCULO NÚMERO ESTRUCTURAL DE PAQUETE			Para SN		
LOG. VARIABLE TRÁNSITO	Log(W18)	5,5058115	5,5278		
			<i>VERIFICA</i>		
Capa	h (mm)	a	m	S_{Ni}	SN
Capa asfáltica	50	0,51		1,02	2,08
Base granular	200	0,14	0,95	1,06	

b- Arterias principales y calles comunes

Para el caso de calles comunes de nuestro proyecto, se analizan las cargas en Tabla 2.10.

Tabla 2.10: Parámetros de cálculo para calles comunes y principales avenidas
(Fuente: Elaboración propia)

	Parámetro	Cantidad	Unidad
A	Volumen de tránsito diario	20	camiones
B	Carga máxima por eje	6,00	toneladas
C	Cantidad de ejes por camión	2	ejes
D	Período de diseño	5.475	días
E	Total de repeticiones esperadas vida útil	219.000	ejes 6 ton
F	Ejes equivalentes 80 KN (8,2 ton)	160.244	ejes 8,2 ton

El esquema adoptado se muestra en la figura 2.6.

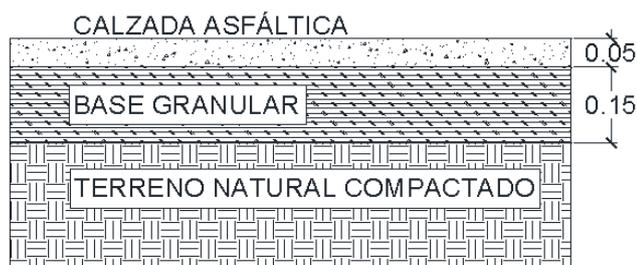


Figura 2.6.: Paquete estructural asfáltico para calles comunes
(Fuente: Elaboración propia)

Luego de aplicar método AASHTO '93, se obtienen los resultados de la tabla 2.11.

Tabla 2.11: Variables de diseño para calles comunes y principales avenidas
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLES DE DISEÑO	Nomenclatura	Valor	Unidades		
TRÁNSITO	W18	160.244	Ejes equiv de 80 kn		
CONFIABILIDAD	R(%)	65			
DESVIACIÓN	Zr (-)	-0,5			
ERROR ESTANDAR	So	0,45			
ÍNDICE SERVICIABILIDAD FINAL	ΔPSI	2,5			
Módulo Resiliente subrasante	M _{rsub}	6.000	psi		
Módulo Resiliente base	M _{r2}	30.000	psi		
Coeficiente estructural asfalto	a1	0,51			
Módulo Resiliente carpeta asfáltica	M _{r1}	652.500	psi		
Coeficiente drenaje base granular	m2	0,95			
Coeficiente estructural base	a2	0,14			
CÁLCULO NÚMERO ESTRUCTURAL DE PAQUETE			Para SN		
LOG. VARIABLE TRÁNSITO	Log(W18)	5,2047815	5,3278		
			VERIFICA		
Capa	h (mm)	a	m	SNi	SN
Capa asfáltica	50	0,51		1,02	
Base granular	150	0,14	0,95	0,80	1,82

2.5.4. Costos

El costo unitario de la unidad de superficie de pavimento flexible correspondiente a paquete estructural de calles comunes se presenta en la tabla 2.12, seguido del análisis del costo de mantenimiento a 30 años para la comparativa con otros tipos de pavimento evaluados, en la tabla 2.13.

Tabla 2.12.: Análisis de costo unitario de construcción de pavimento asfáltico
(Fuente: Elaboración propia)

Red Vial				m2	
Pavimento asfáltico 5 cm con base granular 15 cm					
Componentes	Unidad de Medida	Cantidad de unidades	Precio Unitario	Precio Total	
a. Materiales					
Ripio	Tn	0,2475	\$ 2.771,90	\$ 686,05	
Suelo seleccionado	m3	0,0975	\$ 850,00	\$ 82,88	
Cemento asfáltico	Tn	0,0028	\$ 85.669,42	\$ 235,59	
Arena fina	Tn	0,0072	\$ 1.792,56	\$ 12,82	
Arena gruesa	Tn	0,0187	\$ 2.644,25	\$ 49,45	
Piedra 6-12	Tn	0,0253	\$ 3.394,57	\$ 85,88	
Filler calcáreo	Tn	0,0011	\$ 10.584,00	\$ 11,64	
Fuel oil IFO	Tn	0,0004	\$ 61.795,44	\$ 23,79	
Gas oil	litro	0,1100	\$ 97,19	\$ 10,69	
Emulsión asfáltica tipo CR	Tn	0,0005	\$ 67.244,18	\$ 33,62	

Tabla 2.12.: Análisis de costo unitario de construcción de pavimento asfáltico (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia)

b. Mano de Obra				
Oficial especializado	hs	0,06	\$ 896,00	\$ 53,76
Oficial	hs	0,06	\$ 764,00	\$ 45,84
Ayudante	hs	0,11	\$ 647,00	\$ 71,17
c. Equipos				
Motoniveladora	hs	0,01	\$ 6.500,00	\$ 65,00
Vibrocompactador	hs	0,03	\$ 6.500,00	\$ 195,00
Camión	hs	0,01	\$ 3.000,00	\$ 30,00
Tractor (Regador/Rastra y disco)	hs	0,03	\$ 4.000,00	\$ 120,00
Planta asfáltica y anexos	hs	0,008	\$ 19.756,80	\$ 158,05
Cargador frontal	hs	0,008	\$ 7.056,00	\$ 56,45
Camión batea	hs	0,024	\$ 12.700,80	\$ 304,82
Minicargadora	hs	0,008	\$ 2.116,80	\$ 16,93
Tractor neumático	hs	0,008	\$ 1.270,08	\$ 10,16
Barredora sopladora	hs	0,008	\$ 705,60	\$ 5,64
Camión regador de asfalto	hs	0,008	\$ 3.386,88	\$ 27,10
Terminadora asfáltica	hs	0,008	\$ 8.184,96	\$ 65,48
Aplanadora vibratoria	hs	0,008	\$ 3.386,88	\$ 27,10
Rodillo neumático autopropulsado	hs	0,008	\$ 2.765,95	\$ 22,13
Herramientas y equipos menores	hs	0,008	338,688	\$ 2,71
(1) TOTAL DEL COSTO				\$ 2.509,74
d. Gastos Generales				
% de (1)	20,0%			\$ 501,95
SUBTOTAL (2)				\$ 501,95
e. Beneficios				
% de (1)+(2)	10,0%			\$ 301,17
f. Gastos Financieros				
% de (1)+(2)	5,0%			\$ 150,58
SUBTOTAL (3)				\$ 451,75
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)				\$ 3.463,45

Se considera que el costo anual de mantenimiento de pavimento asfáltico representa un 65% del costo de construcción, y se estima en 15 años el plazo de vida útil. Por lo tanto, debe considerarse el costo de repavimentación al fin de dicho período como un 85% respecto al costo de construcción para representar la aplicación de nueva capa de rodamiento.

Tabla 2.13.: Análisis de costo de mantenimiento de pavimento asfáltico
(Fuente: Elaboración propia)

Costo construcción (1 m2)	\$ 3,463.45	(A)
Costo anual mantenimiento (1 m2)	\$ 2,251.24	(B)
Costo repavimentación (1 m2)	\$ 2,943.93	(C)
Costo total 30 años (1 m2)	\$ 73,944.57	(A)+(B*30)+(C)

2.6. PROYECTO EJECUTIVO

La principal definición del proyecto debe contemplar el uso de materiales que se adapten a las condiciones del lugar, ya sea por cuestiones técnicas o disponibilidad en el mercado regional y provincial.

La base del proyecto consiste en desarrollar un plan que permita a la Comuna su ejecución en etapas, de acuerdo al presupuesto disponible. Como se demostró en los análisis técnico-económicos de cada opción estudiada, el pavimento rígido constituye la opción más conveniente.

Se consideró mantener los cordones cunetas existentes, siempre que las condiciones necesarias de escurrimiento verifiquen. En el plano P03 de Anexos, se presentan las cotas de proyecto, destacándose con un círculo aquellas que se conservan. Por otra parte, en el plano P04 se observan los elementos a demoler, para ser adaptados al proyecto.

2.6.1. Relevamiento

Se inició el procedimiento de nivelación con nivel óptico y mira, partiendo desde un punto fijo, de cota +93.530 IGM, ubicado en la intersección de las calles Av. 12 de Octubre y Sarmiento, precisamente en la vereda de la escuela.

El relevamiento requirió de 26 estaciones de nivelación para poder abarcar la superficie total de la localidad. En el apartado Anexos se adjunta el plano R03, donde se pueden observar las cotas de umbrales de vivienda, de veredas, desagües y cordones cunetas existentes (los cuales son condicionantes del proyecto), así como los niveles de calles sin pavimentar en perfiles tomados cada 30 metros, necesarios para la determinación del movimiento de suelo a ejecutar.

2.6.2. Consideraciones geométricas del proyecto

a) Para optimizar económicamente el proyecto, se adoptó como pendiente longitudinal mínima de escurrimiento 0.10%. Si bien se trata de un valor límite establecido por varios reglamentos, las posibilidades de encharcamientos, movimientos por dilatación y por raíces de ciertos árboles, exige tener recaudos durante la construcción y mantenimiento posterior de juntas. Se recomienda aumentar la pendiente longitudinal en los casos en que sea posible, con el condicionante de respetar los niveles de cordones cunetas existentes y evitar demoliciones.

b) Pendiente transversal: En gálibos parabólicos, se calcula por la división de la flecha y el semiancho de la calzada. Varían del 2 al 8%, pero en el extremo superior ya requiere mayor exigencia para el conductor. Usualmente, cuanto menor es la categoría de pavimento, mayor es la pendiente, hasta un máximo de 4%. En nuestro caso adoptamos el porcentaje 3%.

c) Los cordones cunetas tienen un ancho de desagüe de 0,70 [m] con pendiente transversal del orden del 4 al 6%. La altura de cordón se planteó de 15 cm. La demolición de los cordones cunetas existentes y aletas sólo se planteó en aquellos casos en los que las pendientes son inferiores a la mínima o en los cuales cambia el sentido de escurrimiento para las calles sin obras existentes. Cabe destacar que se estudiaron todas las posibilidades para favorecer su conservación.

d) En el caso de las calles perimetrales que forman la defensa, se planteó un sistema de desagüe de lotes a acequias paralelas a la línea de edificación municipal, que atraviesan calles transversales recolectando también su caudal, hasta su descarga en cámaras de cruce. A partir de allí el flujo continúa mediante entubados que atraviesan el terraplén hacia las cunetas externas. Estas observaciones se ven reflejadas en el plano D02 de Anexo.

e) Ancho de calzada: Los carriles constituyen el elemento geométrico de la sección transversal que mayor influencia tiene en seguridad y confort en la circulación vehicular. Los anchos varían entre 3,05 m (10") y 3,95 m (13"). En el caso particular de las calles en correspondencia con la defensa perimetral, debido al ancho de coronamiento de la misma, los carriles tienen un ancho menor. El caso más crítico tiene un ancho de 2,65 m. A continuación, se describen los anchos considerados.

- Calles Primarias y Secundarias:

1 Carril inmediato a la acera 3.20m + 2 carriles 2.90m c/u=9.00m

- Calles para paseo Estación de Ferrocarriles:

1 Carril inmediato a la acera 3.20m + 2 carriles 3.45m c/u=10.10m

En las ecuaciones se consideró un carril de estacionamiento más dos carriles de circulación.

Se adoptó, tanto para arterias principales como para calles secundarias, un ancho de 8,70 metros, ya que es cercano al valor calculado y coincidente con el ancho existente en calles y cordones cunetas de la localidad, mientras que para el caso del Paseo de la Estación un ancho de 10.10m. En el caso de las calles sobre la defensa perimetral, su ancho es menor al que se puede establecer por cálculo, debido al condicionante que representa el ancho de coronamiento del terraplén.

f) Las veredas reglamentarias, según ordenanza del año 2018, son de 1,00 m de ancho mínimo para la superficie pavimentada. Por lo general, el ancho alcanza hasta los 2,00 m y el resto de la superficie hasta el cordón se compone de un área con césped y árboles. Las veredas desaguan hacia las calzadas por encima de los cordones, con una pendiente transversal mínima del 2%.

g) En el caso de las calzadas que constituyen el terraplén de defensa perimetral, presentan taludes con pendiente máxima y empastados con la cuneta de desagüe lateral que canaliza las aguas hacia los canales Secundarios N°2 y N°3. No presentan tratamiento con materiales adicionales de contención. Como se mencionó anteriormente, se propuso construir acequias perimetrales que funcionan como muro de contención para el terraplén de defensa perimetral, en el lado interno de la localidad; mientras que, del lado externo, se conserva el formato de taludes existentes.

h) La iluminación de las calles, se resolvió mediante tendido eléctrico aéreo, con columnas de iluminación metálicas. En los pasos a nivel se requiere señalización vertical, y en el caso de bocacalles peligrosas con grandes pendientes se requiere de la colocación de barreras metálicas fijas de protección.

2.6.3. Consideraciones técnicas generales

Por tratarse de un pavimento urbano con bajo volumen de tránsito, se consideró el apoyo de las losas de hormigón sobre subrasante compactada, excepto en las calles correspondientes al desvío por tránsito pesado, donde se considera como capa adicional una subbase tratada con cal, a los efectos de mejorar la capacidad portante y colaborar con la distribución de cargas.

En líneas generales, la capa superior de hormigón es la que provee la mayor capacidad estructural del sistema. Proporciona drenaje superficial, fricción y regularidad superficial, que permiten una circulación segura y confortable. El espesor de la calzada para condiciones de tránsito urbano o bajo tránsito pesado, varía entre 15 y 20 cm.

La base de suelo seleccionado suele estar mejorada con algún material ligante, como por ejemplo la cal vial. Su función es prevenir la erosión en la interface losa-apoyo, y esto repercute en una distribución de cargas uniformes, para reducir tensiones en las capas inferiores, además de contribuir al drenaje sub-superficial del agua de infiltración.

La sub-base, es una segunda capa que suele complementar a la base y posee similares características, pero de menor calidad.

La subrasante es el suelo natural nivelado y compactado, sobre el cual se ejecuta el paquete estructural.

En la figura 2.7 se esquematiza el paquete estructural teórico de pavimentos rígidos.

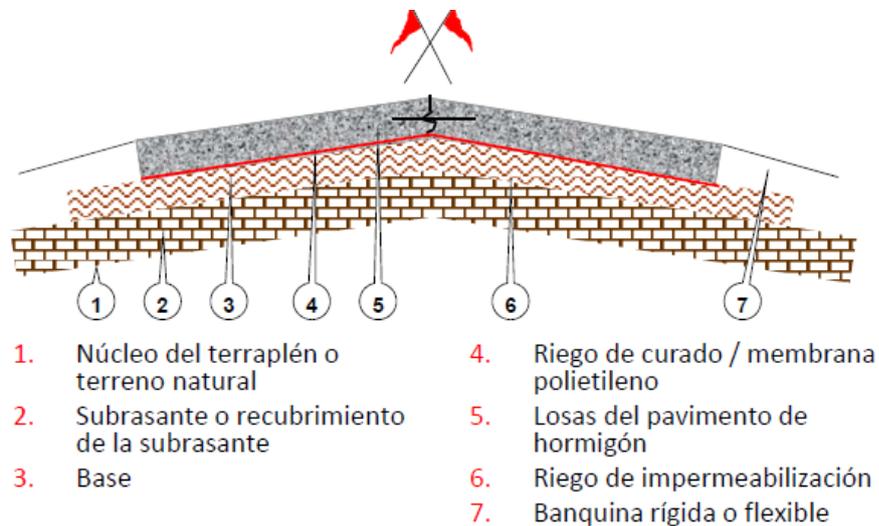


Figura 2.7.: Paquete estructural del pavimento rígido
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

2.6.3.1. Subrasante

Una subrasante adecuada contempla la separación del nivel freático, para evitar la disminución del valor soporte y el bombeo, y el tratamiento con material ligante en caso de no alcanzar una calidad aceptable. Con mayores esfuerzos de compactación se consiguen mejores densidades para humedades óptimas.

La resistencia mecánica ante la acción de las cargas, varía según las condiciones de humedad, compactación y confinamiento. El módulo de reacción "k" es un parámetro que se determina a través del ensayo de plato de carga, ilustrado en figura 2.8 y cuantifica la presión aplicada sobre una placa circular apoyada sobre el suelo, hasta obtener determinada deformación, que para el caso de pavimentos es de 13mm. Su valor puede estimarse por correlación con ensayos como el de valor soporte (CBR).

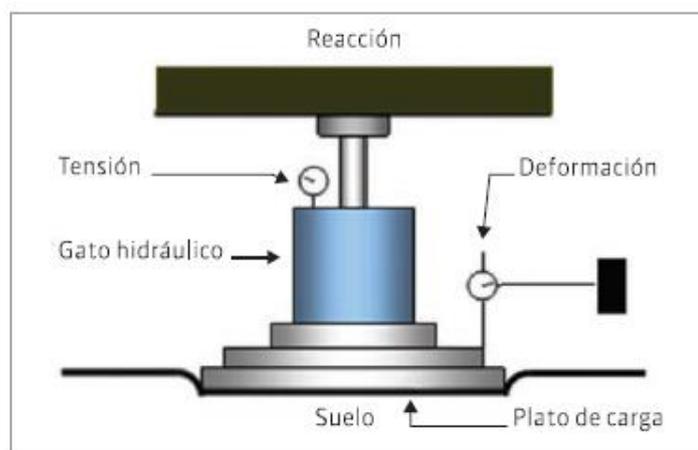


Figura 2.8.: Ensayo de plato de carga
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

El valor soporte consiste en someter una muestra de suelo compactada y saturada en agua, a la penetración de un pistón cilíndrico, lo que permite determinar la tensión y deformación. El resultado es un porcentaje de una muestra “madre” a la que se asigna el valor “100”.

El módulo resiliente (Mr) se obtiene a través del ensayo triaxial. Es una estimación del módulo de elasticidad para cargas de aplicación rápida. Consiste en la aplicación cíclica de una carga de magnitud y duración determinadas a una probeta cilíndrica, la cual se encuentra sometida a una presión fija de confinamiento, provista por la cámara triaxial.

Según el Pliego de la Dirección Nacional de Vialidad (1998, Sección B. V), las características que debe cumplir la subrasante son las siguientes: “Los suelos comprendidos dentro de los grupos A4 y A5 deberán ser compactados en los 0,30 mts. superiores, como mínimo del 95% de la densidad máxima determinada de acuerdo al ensayo II o V descrito en la norma VN-E.5.93”. Dicho ensayo se refiere al Proctor Standard. La tabla 2.14 resume la clasificación de suelos de la HRB (Highway Board Research de Estados Unidos).

Para lograr la densidad máxima debe procederse a compactar en capas horizontales de no más de 20 cm de espesor suelo uniforme, obteniéndose capas de no más de 15 cm de espesor compactado. Debe verificarse que la humedad del suelo al momento de la compactación se halle comprendida entre un 20% por debajo y de un 10% por encima del contenido óptimo de humedad de compactación.

Tabla 2.14: Clasificación de suelos de la HRB
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Clasificación general	Clasificación del grupo	Materiales granulares, 35 % o menos pasa el tamiz #200 (75 µm)							Materiales limoarcillosos, más de 35 % pasa el tamiz #200 (75 µm)			
		A-1		A-3*	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Tamizado, % que pasa	No. 10 (2,00 mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	No. 40 (425 µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
	No. 200 (75 µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa el tamiz #40 (425 µm)												
Límite líquido		...		...	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad		6 máx.		N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.**
Tipos de materiales característicos		Piedra partida, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación como subrasante		Excelente a bueno							Regular a malo			

* La ubicación de los suelos A3 antes que los A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.
** El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Es un sistema de clasificación de suelos según sus propiedades desde el punto de vista ingenieril, basado en su desempeño en carreteras. El sistema agrupa los suelos con similar capacidad portante y nivel de servicio en siete grupos (A-1 a A-7) de manera tal que, a medida que aumenta el número de la clasificación, disminuye la calidad del suelo. Algunos grupos se subdividen para caracterizar aún más el material según su plasticidad.

La subrasante debe cumplimentar con dos características básicas: homogeneidad y lisura. Es decir, el grado de compactación debe ser uniforme a lo largo y a lo ancho de toda la superficie a pavimentar.

Por otro lado, debe verificarse que el suelo de la subrasante cumpla con las siguientes condiciones (Calo y Polzinetti, 2016):

- Límite líquido: $35 < LL < 40$
- Índice de plasticidad: $10 < IP < 15$
- CBR > 3%
- Hinchamiento < 1%
- Módulo resiliente: $300 < Mr < 800$ [kg/cm²]
- No debe contener materia orgánica.

Según el Calo y otros (2014), para que un suelo pueda usarse como subrasante debe presentar un grado de expansión medio o bajo, según la tabla 2.15.

Tabla 2.15.: Relación entre propiedades de los suelos y su potencial de expansión
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Contenido de coloides (< 0.001 mm, %)	Índice de Plasticidad (LL - LP)	Límite de Contracción (%)	Expansión probable* de seco a saturado (%)	Grado de expansión
> 28	> 35	< 11	> 30	Muy alto
20 - 31	25 - 41	7 - 12	20 - 30	Alto
13 - 23	15 - 28	10 - 16	10 - 20	Medio
< 15	< 18	> 15	< 10	Bajo

* Ensayo basado en una presión de 0,07 kg/cm².

En caso de que el suelo del lugar no cumpla con dichas características, debe tratarse con cal para limitar su grado de expansión.

Para el suelo de la localidad de Las Palmeras, según ensayos realizados por personal del Laboratorio de Ingeniería Civil de la UTN-FRRa (ver anexo V), se cumplen todos los requisitos mínimos para su uso como subrasante. Además, el grado de expansión es bajo. Se considera necesario mejorar la calidad del suelo existente mediante la combinación con un 2% de cal en peso seco en caso de hallarse sectores donde la subrasante presente exceso de humedad.

2.6.3.2. Sub-bases y bases para pavimento rígido

La clasificación de bases a emplear para pavimentos de hormigón se realiza según estén o no tratadas. Algunos de los materiales ligantes utilizados son cal vial, cemento o asfalto. Para cualquiera de estas opciones, el tratamiento o mejorado tiene un costo representativo.

La base tiene por finalidad evitar las deflexiones de la losa de hormigón ante el paso de las cargas. Para el presente proyecto se consideró la estabilización con cal de la base para calles de tránsito pesado.

La cal puede estabilizar permanentemente el suelo fino empleado como una subrasante o sub-base, para crear una capa con un valor estructural significativo en el sistema del pavimento. La estabilización de la subrasante, por lo general, implica mezcla en el lugar y generalmente requiere la adición de cal de 2 a 6% en peso del suelo seco. Los porcentajes de cal a utilizar deben ser determinados en laboratorio, utilizando un diseño de mezcla y un protocolo de prueba.

La cal es un material económico y cuyo aporte mejora significativamente las propiedades de las bases. Principalmente, reduce el hinchamiento y aumenta la resistencia y el valor soporte. Provoca la floculación de las fracciones arcillosas, desplazando la curva granulométrica hacia el lado grueso, disminuyendo así la sensibilidad al agua, por ende, los cambios volumétricos. Estos cambios se producen en cuestión de horas.

El proceso de estabilización con cal implica una acción puzolánica, mediante la cual se generan fuerzas de cohesión por cementación. Esta consiste en una acción química que da lugar a silicatos y aluminatos de calcio hidratados, que unen las partículas creando una matriz porosa cuando el material ha sido compactado.

Cuando se añaden las cantidades adecuadas de cal y agua, el pH del suelo aumenta rápidamente superando 10,5, lo que permite romper las partículas de arcilla. La determinación de la cantidad de cal necesaria es parte del proceso de diseño y se estima por pruebas en laboratorio. Se liberan la sílice y la alúmina y reaccionan con el calcio de la cal para formar hidratos de calcio-silicatos (CSH) e hidratos de calcio-aluminatos (CAH). Estos son productos cementantes similares a aquellos formados en el cemento Portland, y forman la matriz que contribuye a la resistencia de las capas de suelo estabilizadas con cal.

Cuando se forma esta matriz, el suelo se transforma de un material arenoso granular, a una capa dura relativamente impermeable, con una capacidad de carga significativa. El proceso se inicia en unas horas y puede continuar durante años, en un sistema diseñado correctamente.

Los pasos básicos para la ejecución de estabilizado suelo-cal son:

- escarificado o pulverizado parcialmente el suelo,
- esparcimiento de la cal,
- adición de agua y mezcla,
- compactación a la densidad máxima práctica, y
- curado antes de la colocación de la siguiente capa o capa de protección.

Las exigencias del suelo para subbases de suelos finos tratados con cal, según el Pliego de la Dirección Nacional de Vialidad (1998, Sección C. V) son las siguientes:

- Suelo seleccionado, homogéneo, sin raíces ni matas de pastos.
- Características granulométricas según tabla 2.16.

Tabla 2.16.: Exigencias granulométricas del suelo para bases.
(Fuente: Dirección Nacional de Vialidad, 1998)

PASA TAMIZ	%
1" (25,4 mm)	100
Nº 4 no menos de	60

La mezcla se efectúa con equipos mezcladores ambulo operantes rotativos. Se debe atender a las condiciones ambientales para que las pulverizaciones de la cal volátil no afecten al medio. El proceso de compactación debe quedar finalizado hasta 6 hs posteriores al mezclado.

Una vez terminada la capa y para evitar evaporación del agua contenida en la masa, es recomendable aplicar un riego de material bituminoso, el cual debe ser mayor a 0,30 litros por metro cuadrado de asfalto residual.

2.6.3.3. Pavimentos rígidos

Para el presente proyecto de pavimento urbano se optó por calzada de hormigón simple con cordón, según lo expresado en el apartado 2.6. Esta opción es la más utilizada en la práctica debido a su buena relación costo-beneficio. En este tipo de calzadas, la fisuración resulta controlada, a fin de conservar los bordes y mantener la estanqueidad. Se toma como parámetro losas con juntas transversales en el orden de los 3,50 metros según esquema de figura 2.9, debiendo verificarse la esbeltez menor a 21 veces el espesor de la losa, entre otras variables.

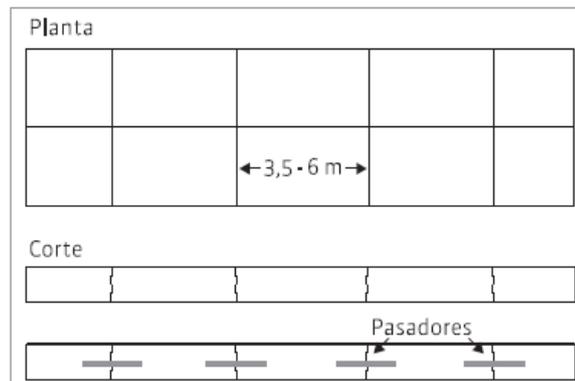


Figura 2.9.: Juntas transversales
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Las losas de pavimento están delimitadas por la junta longitudinal, y las juntas transversales, según se grafica en la figura 2.10, las cuales se materializan por debilitamiento de la sección de hormigón mediante aserrado, o bien en el caso de las juntas constructivas debido a diferentes edades de hormigón.

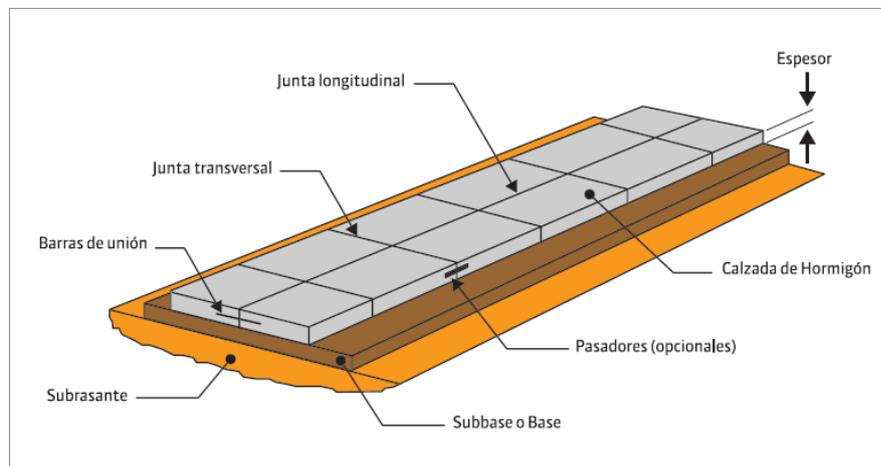


Figura 2.10.: Componentes del paquete estructural
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

La transferencia de cargas entre losas se realiza mediante la trabazón de los agregados que se produce entre las caras de la fisura que se desarrolla debajo de la junta debilitada y si fuera necesario mediante el uso de pasadores, compuestos por hierros lisos de 50cm de longitud que abarcan partes compartidas entre dos losas contiguas. Los pasadores no restringen el movimiento horizontal, pero si colaboran en la disminución de las tensiones y deflexiones. Reducen la rotura de las esquinas, y el potencial escalonamiento y bombeo de las losas. Por otra parte, las barras de unión se colocan en las juntas longitudinales y colaboran en el anclaje entre las losas, por este motivo se utilizan barras nervadas.

El tamaño de las losas influye en las tensiones que se generan por alabeo. Los factores que influyen en la determinación son:

- espesor de la calzada
- rigidez de la base
- módulo de elasticidad del hormigón
- condiciones climáticas
- nivel de tránsito pesado

Se recomienda que la relación largo-ancho de paños no supere la relación 1,25.

Resulta de vital importancia la protección de los bordes de los pavimentos. En el caso de pavimentos urbanos, los cordones son los encargados de mejorar la condición de soporte de bordes. El caso de las banquetas, si bien no forman parte del paquete estructural, la calzada transfiere las cargas a su estructura, disminuyendo las tensiones y deflexiones.

El comportamiento del hormigón debe responder a la acción de las cargas repetitivas de circulación (que varían en ejes direccionales, simples con ruedas duales, tándems) y las cargas del clima (sucesivos cambios de temperatura y humedad), las cuales son transmitidas al terreno y deben ser soportadas en condiciones de seguridad y confort de circulación.

2.6.3.3.1. Comportamiento frente a cargas de tránsito

Cuando se analiza el comportamiento estructural del pavimento frente a las cargas, se deben analizar tensiones y deflexiones. En la figura 2.11 se presenta un ejemplo de estado de cargas.

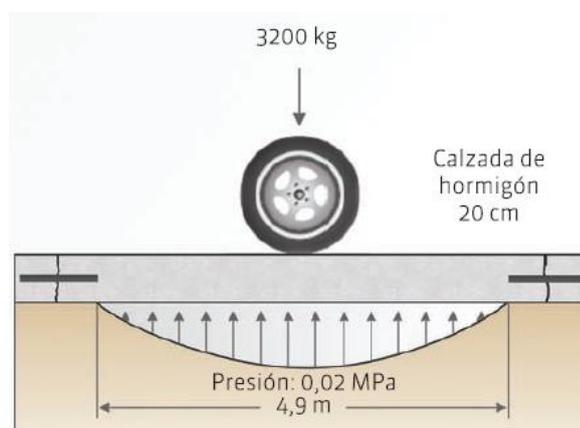


Figura 2.11.: Estado de cargas solicitantes
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

La ubicación de las cargas en el borde de la calzada (centrado entre juntas transversales), es la posición que mayores tensiones genera, mientras que las cargas en el interior de una losa es la que menores tensiones. En cuanto a deflexiones, las máximas se desarrollan cuando la carga está aplicada en una esquina de la losa, resultando 5 veces mayor que la misma carga aplicada en el interior de la losa.

Existen dos mecanismos de falla principales:

- Fisuración por fatiga del material: asociada a la generación de tensiones excesivas en la calzada.
- Pérdida de soporte por erosión (bombeo): asociado al desarrollo de deflexiones elevadas.

Influencia de la rigidez del apoyo:

El empleo de una base con mayor rigidez, permite reducir las tensiones y deflexiones generadas. Este efecto, provoca que la sensibilidad sea cada vez menor, a medida que aumenta la rigidez del apoyo. Por otra parte, una base menos rígida acompaña mejor los cambios de las losas, por lo que las tensiones de alabeo resultan menores.

Influencia de las condiciones de borde:

Los sobre anchos de calzada de 30 a 60 cm, en tratamiento de las bases y subbases, permite alejar el borde del punto de aplicación de las cargas, de este modo se reducen tanto tensiones como deflexiones generadas casi a la mitad, transformándose de cargas de borde a cargas interiores.

Influencia del empleo de pasadores:

Permiten transmitir cargas entre losas. Dado que la carga crítica en la esquina de las losas genera deflexiones excesivas, el uso de pasadores contribuye a la disminución de las mismas, hasta un valor de la mitad aproximadamente.

Comportamiento frente a cargas ambientales

Las cargas ambientales generan un gran impacto en el comportamiento de los pavimentos, dado que son grandes superficies expuestas a las condiciones climáticas, tanto sea a las variaciones de temperatura como de humedad.

Las variaciones de temperatura crean continuas aperturas y cierres de las juntas transversales, resultando en permanentes fluctuaciones de la capacidad de transferencia de cargas y de la forma de las losas, generan curvaturas cóncavas o convexas. Así mismo, las variaciones de humedad generan tensiones de alabeos cóncavos en las losas.

Dimensionamiento de espesores de calzada

La determinación del espesor de diseño debe equilibrar tanto los costos iniciales como los costos de mantenimiento. El espesor influye en la capacidad estructural y repercute directamente en el costo global de la estructura.

2.6.3.3.2. Diseño de juntas

Es de vital importancia el diseño de juntas, ya que su funcionamiento repercute en el desempeño del pavimento rígido en los siguientes aspectos:

- Controlan y mantienen la calidad y capacidad estructural de los pavimentos con bajos costos.
- Controlan la fisuración longitudinal y transversal, debido a la contracción restringida (llámese a la fricción con la capa inferior), efectos de las tensiones de alabeo por diferencia de temperatura y humedad, y producida por las cargas de tránsito.
- Permiten el libre movimiento entre losas.
- Proveen la transferencia de cargas por trabazón de agregados y pasadores.
- Genera el espacio para el material de sellado.

El aserrado de juntas debe realizarse tan pronto como el hormigón endurecido lo permita, es decir, sin desprendimiento de bordes, como se muestra en la figura 2.12. Esta tarea se debe ejecutar sin demoras y bajo cualquier condición climática. El tiempo de manifestación de las fisuras depende de la exposición a la que se encuentra el hormigón joven durante las primeras horas de edad.



Figura 2.12.: Fisuración controlada de paños
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

La ventana de corte, es decir, el momento apropiado para realizar el aserrado de hormigón es difícil de determinar y depende de muchas variables constructivas y climáticas. Es una tarea que requiere experiencia por parte del operador y disponibilidad en el momento en el que el hormigón adquiere la resistencia necesaria. En el gráfico de figura 2.13 se esquematiza el plazo de la ventana de corte, y en la figura 2.14 se ejemplifican tipos de fisuras en función del plazo de aserrado.

Tal como se puede observar, la ventana de corte es el período de tiempo durante el cual el hormigón endurecido soporta el peso de la máquina de corte, aserradora, y el disco de corte genera un aserrado limpio, sin desprendimiento de áridos. Al finalizar la tarea, es conveniente realizar un lavado de la junta para eliminar el barro producido y aplicar la membrana de curado en la zona de corte.

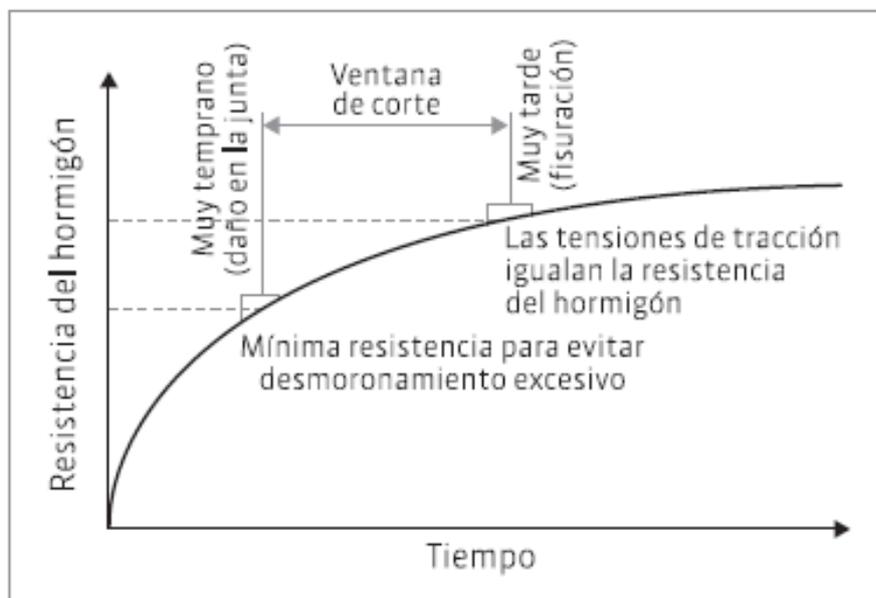


Figura 2.13.: Ventana de corte
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

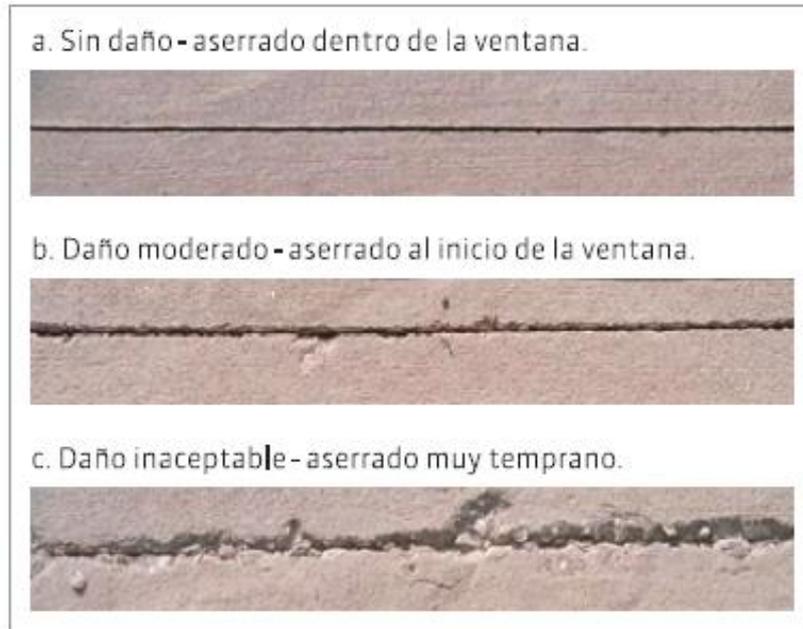


Figura 2.14.: Niveles de daño de aserrado
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

2.6.3.3.3. Sellado de juntas

El tomado de juntas asegura que no haya infiltración de agua que genera pérdida de soporte estructural en la capa de apoyo de las losas. Otra de las posibilidades es el ingreso de materiales incompresibles que provocan descascaramientos y hasta rotura de las losas por levantamiento. Se debe realizar, en todos los casos, una limpieza exhaustiva de la junta para asegurar la adherencia del material de sellado. Es conveniente realizar una primera limpieza en húmedo y una segunda en seco, limpieza y soplado con aire.

Las propiedades que debe tener el material de sellado para conseguir un buen desempeño, dependen de la forma de aplicación y las condiciones climáticas durante la instalación.

- Elasticidad: capacidad del material de regresar a su forma original luego de ser comprimido o estirado.
- Módulo: rigidez del material, es el esfuerzo que produce una deformación preestablecida. Se relaciona con el cambio de tensiones internas del material mientras se produce la deformación.
- Adherencia: tanto al inicio como durante el plazo de vida útil.
- Cohesión: capacidad para resistir el desgarramiento por tracción.
- Resistencia al intemperismo: factores como rayos UV principalmente.

Los selladores de aplicación en caliente son materiales con módulos bajos y buena elasticidad. Su vida útil para una correcta instalación varía de 3 a 5 años. Se colocan a temperaturas entre 175 y 200°C.

Los selladores de aplicación en frío son materiales termoplásticos que contienen solventes y eventualmente se presentan en emulsión.

Los selladores de curado químico se presentan en uno o dos componentes, son de aplicación en frío y el curado se realiza mediante las acciones químicas que se desarrollan durante la exposición a la atmósfera y mientras pasa al estado sólido. Suelen ser siliconas

de bajo módulo de deformación, resistencia al intemperismo, elasticidad y recuperación. Su vida útil varía entre 8 y 10 años. Son indicados para climas de elevada amplitud térmica.

2.6.3.3.4. Pavimentos con moldes fijos

En calles urbanas y en caminos de bajo tránsito, suele utilizarse el moldeado metálico fijado a la base, perfectamente limpios e imprimados con material para facilitar la tarea de desmoldado.

La cancha, como se denomina a la base lista para recibir a los moldes, debe estar perfectamente nivelada y perfilada, para que los moldes apoyen firmemente y se asegure el espesor uniforme calculado.

Los moldes en su cara superior respetan los alineamientos y niveles de terminación del pavimento, además establecen el apoyo para el equipo de vibrado (regla), la cual se desliza sobre dichos moldes mediante malacates.

Se recomienda colocar una capa de arena de espesor bajo, 1 a 2cm, para concretar la desvinculación de la capa de apoyo y las losas. La base, con la cama de arena incorporada, conviene regarla previo al hormigonado, de este modo se asegura que el agua de la mezcla no sea absorbida por dicha capa y produzca las fisuras de la losa.

El asentamiento del hormigón debe estar en el orden de 6-10cm, tanto sea para lograr una compactación adecuada, así como la correcta terminación. Durante la descarga de los mixers de hormigón elaborado, se debe procurar un avance uniforme en el ancho total de la calzada y con altura igual a la que establecen los moldes, para no tener material en exceso durante el paso de la regla niveladora y vibradora.

Conforme avanza la descarga de hormigón, se colocan las barras de unión y los pasadores, en las juntas preestablecidas. Se debe recordar que los pasadores deben ir engrasados en correspondencia con la losa subsiguientes.

Luego del vibrado de la masa de hormigón con la regla, ocurren dos cosas importantes. La primera es que la capa uniformizada de hormigón permite distinguir por inspección visual si merece ser acomodado algún defecto superficial (por lo general una depresión en la superficie), que puede ser corregida con incorporación de material y acomodado con cuchara de albañil y fratacho de mano. En segundo lugar, transcurridos varios minutos, el agua de exudación comienza a ascender a la superficie y es el momento óptimo para darle terminación superficial a la losa. Primero se utiliza el fratacho avión (de aluminio) y finalmente con una cinta de terminación para generar una rugosidad mínima para la vía urbana.

Por último, se ejecuta el curado para evitar pérdida de agua por evaporación y fisuración por contracción de secado a edad temprana. Suelen utilizarse membranas químicas de base solvente, que son de aplicación por aspersión, inmediatamente después de las tareas de terminación, y conforman una película protectora que impide la evaporación del agua de exudación.

2.6.3.3.5. Control de calidad

El control de calidad debe realizarse en todas las etapas constructivas, desde la compra de materiales, movimiento de suelos, sub-bases, bases, hormigonado, sellado de juntas.

La ley de Sitter se grafica en la figura 2.15, y define que la reparación de un efecto detectado resulta más costoso, conforme pasa el tiempo, es decir, que el valor se incrementa de manera exponencial con el avance del tiempo.

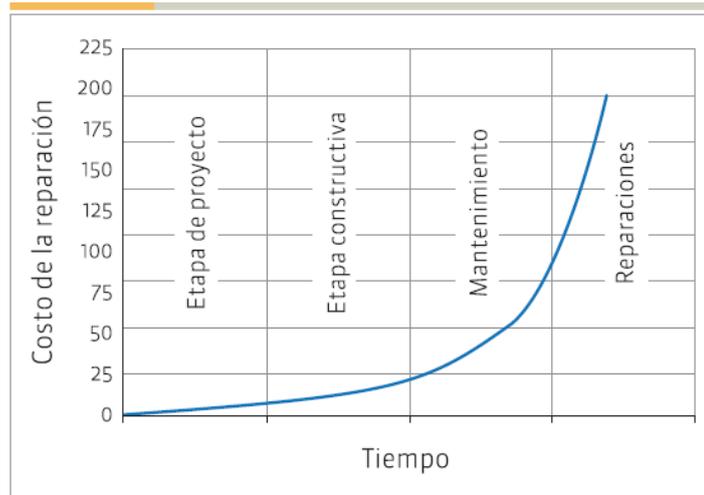


Figura 2.15.: Ley de Sitter
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Los aspectos a considerar se enumeran a continuación:

- Programa de control de calidad.
- Ensayo de aptitud de materiales.
- Monitoreo de equipos y procesos.
- Inspección de materiales, excavaciones, ejecución de terraplenes, pavimentación, demolición, reparación.
- Ensayos de suelos, ensayos de calidad de hormigón, control de asentamiento.
- Análisis de resultados de control de calidad.
- Ajuste y optimización de procesos a partir de las conclusiones halladas.

Los controles se deben realizar en 3 etapas:

- Control de recepción: durante el suministro de los materiales e insumos. Inspección visual, muestreo, ensayos, condiciones de acopio, control de stock.
- Control de producción durante el proceso de ejecución: Control de tareas relacionadas al movimiento de suelo, control en planta de hormigón, asentamiento.
- Aceptación: verificación del producto terminado. Control de resistencia, de espesor, de textura, de rugosidad.

CAPÍTULO 3

DRENAJE URBANO

3.1. INTRODUCCIÓN

Según Gómez Valentín (2007), los elementos componentes de la red de drenaje de la ciudad constituyen un entramado complejo de la infraestructura del tejido urbano. Se trata de un patrimonio oculto, literalmente enterrado, que solo muestra sus falencias cuando ocurren tormentas de baja probabilidad de ocurrencia y se ve superada su capacidad de desagüe. Existen otros servicios públicos tales como el abastecimiento de agua potable, las redes viarias y el alumbrado que resultan visibles para el ciudadano, y son mayormente ponderadas a la hora de realizar inversiones por parte del Estado. Claramente, esto no resta importancia a la seguridad necesaria desde el punto de vista hídrico para evitar inundaciones.

La problemática de la evacuación de aguas pluviales presenta dos campos de estudio hidrológico: el microdrenaje y el macrodrenaje. El primero de ellos se limita a evaluar las canalizaciones naturales o artificiales necesarias para que el agua escurra adecuadamente hacia el exterior de los límites del ejido urbano. Por su parte, el macrodrenaje implica el análisis de las cuencas geográficas que generalmente abarcan zonas rurales y más de un centro urbano, las cuales desagotan mediante canalizaciones hacia cuerpos de agua fluviales o marítimos.

Tal como se enuncia en el título del presente trabajo, el proyecto se limitó a resolver el microdrenaje de la localidad de Las Palmeras. Se verificaron las pendientes de cordones cuneta y los entubados hasta su salida por fuera de la defensa perimetral que bordea el pueblo.

Cabe destacar que queda por fuera del alcance del presente trabajo el estudio del macrodrenaje de la cuenca en cuanto a aportes de escorrentías desde parcelas y pueblos aledaños, así como también la capacidad de evacuación de caudales de los canales secundarios y principales y la posibilidad de plantear estructuras de bombeo y bloqueo de flujos en caso que la cota de inundación por fuera de la defensa impida la salida de agua del sistema de drenaje planteado.

3.1.1. Niveles de seguridad del proyecto

El análisis hidrológico urbano consiste en verificar si se cumple con los límites de inundación aceptables para tormentas máximas registradas según datos pluviométricos. Distintos autores y organismos públicos de cada país estipulan los períodos de retorno a considerar, pero como regla general proponen dimensionar y verificar el sistema de microdrenaje urbano para las siguientes condiciones:

- Límite de servicio: Garantiza el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones. Se recomienda verificar el sistema para una tormenta con período de recurrencia de 5 años (tabla 3.1) y el máximo nivel de inundación permitido es la altura del cordón, es decir 15 cm en nuestro caso.
- Límite de seguridad: Consiste en evitar los daños que las aguas de lluvias puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano. Esta se verifica para una tormenta con período de recurrencia alto, adoptado en este caso de 100 años, y tomando como nivel máximo de inundación 50 cm sobre el fondo de cuneta, es decir la sección de escurrimiento para que el nivel no supere el umbral de viviendas.

Tabla 3.1: Períodos de recurrencia T_r , en años, sugeridos para diseño de drenaje urbano
(Fuente: Giménez y otros, 2003)

Zonificación	Tr			
	Macrodrenaje		Microdrenaje	
	medio	mínimo	medio	mínimo
Comercial	10	5	5	2
Industrial	10	5	5	2
Edificios públicos	10	5	5	2
Residencial multifamiliar	5	2	2	2
Residencial unifamiliar	2	2	2	2
Zonas recreativas de alto valor y uso	2	2	2	2
Zonas de expansión	2	2	2	2

3.1.2. Aspectos a tener en cuenta para el diseño de desagües pluviales

a- El desarrollo práctico requiere de una visión global del problema. La caracterización hidrológica e hidráulica del lugar a analizar incluye diversos factores como la topografía, la determinación de subcuencas de aporte y la recolección de datos fiables de lluvias. Se debe tener en cuenta que un proyecto de drenaje urbano no se limita a calcular secciones de conductos para evacuar las aguas pluviales, sino que también debe contemplar infraestructuras para almacenar momentáneamente el agua y atenuar los caudales punta.

b- Los caudales de escorrentía varían en relación al uso y ocupación del suelo. La migración de la población rural a las zonas urbanas y la producción agrícola en la región impactan directamente en la impermeabilización de los suelos, lo cual trae aparejado una reducción de la superficie absorbente de aguas de escorrentía.

c- A nivel superficial, debe evaluarse la posibilidad de reglamentar el uso de suelo tanto en terrenos privados (mediante Factor de Ocupación de Suelo permitido por lote) como espacios públicos. En este último ámbito hay dos elementos muy influyentes en la escorrentía superficial: veredas y espacios verdes. Por un lado, es importante la evaluación de tipos de veredas autorizadas por cada municipio o comuna, determinando proporción de césped y de pavimento en las mismas; o bien la utilización de pavimentos semipermeables.

d- La influencia de la urbanización modifica la respuesta hidrológica frente a una determinada lluvia. La construcción de los colectores aumentan la velocidad del agua debido al incremento de la superficie no absorbente. Esto implica un cambio del hidrograma de la cuenca aguas abajo, debido a un aumento en volumen de escorrentía y en caudal máximo, con la disminución del tiempo de concentración, es decir, entre el inicio de la escorrentía y el caudal máximo.

A modo de ejemplo, en la región centro-oeste de la provincia de Santa Fe el nivel freático ha sufrido una variación importante en los últimos años, y su cercanía actual a la superficie provoca un impacto negativo generando menor capacidad absorbente de precipitaciones. En el caso de la ciudad de Rafaela, se registra que la evolución del nivel freático ha pasado

desde alrededor de 15,00 metros de profundidad entre los años 1940 y 1970, ascendiendo a niveles de 6,00 metros hacia finales de la década del 70' y hasta niveles superficiales en la actualidad para períodos de mucha precipitación, mientras que en condiciones normales oscila entre 2,00 y 4,00 metros de profundidad (Boidi, 2003).

En base a estas consideraciones, el procedimiento necesario es, una vez definido el tipo de calzada, determinar los niveles y pendientes de proyecto que permitan el escurrimiento adecuado. Para el caso de pavimentos urbanos, además, debe analizarse con la mayor precisión posible el sistema de desagües pluviales.

3.2. DISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL URBANA - MÉTODO RACIONAL

Se optó por aplicar el método racional debido a su simplicidad y a la facilidad con la que es posible acceder a los datos para su aplicación. Básicamente se utilizan datos pluviométricos brindados por fuentes oficiales y coeficientes hidráulicos empíricos de diversos autores.

El procedimiento consiste en la determinación de caudales de proyecto para cada subcuenca y, a partir de ello, en el dimensionado de bocas de tormenta y entubados necesarios para que el drenaje funcione en lámina libre, permitiendo así incorporar por gravedad los caudales superficiales y evitando salidas de agua por las bocas de tormenta.

El método racional hace alusión a que, si una lluvia de intensidad "i" empieza en forma instantánea y continua en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración "tc", en el cual toda la cuenca está contribuyendo a la salida (Gómez Valentín, 2007).

Del producto de la intensidad de lluvia y el área de la cuenca, se obtiene el caudal de entrada del sistema. La relación entre dicho caudal y el caudal pico que ocurre en un tiempo "t", se conoce como coeficiente de escorrentía "C", el cual varía entre 0 y 1.

El drenaje urbano está compuesto por subcuencas, es decir, subdivisión de la localidad en áreas conocidas como "áreas de aporte", cada una de ellas con diversas características superficiales. La escorrentía pico se calcula mediante la suma de los caudales de las subcuencas drenadas.

En el anexo I-3 se desarrolla la memoria de cálculo. Se diseña para la Función de Servicio y luego se verifica o ajusta para la Función de Seguridad. Las secciones de escurrimiento y cotas intra-uno proyectadas se muestran en el plano D02 de anexo.

3.3. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE MEDIANTE SOFTWARE SWMM

Se utilizó el programa Storm Water Management Model perteneciente a la EPA (Environmental Protection Agency of United States, 2005). Se trata de un modelo dinámico de simulación de precipitaciones que analiza el recorrido de las aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Es capaz de seguir la evolución de la cantidad de agua de escorrentía de cada subcuenca, así como el caudal y nivel de agua en cada tubería y cámara durante el evento en estudio.

Con el fin de verificar las secciones calculadas mediante Método Racional, se cargó en este modelo la información de cuencas, nudos y entubados, según lo ya descrito en el presente capítulo. La revisión se realizó tanto para una tormenta de diseño a partir del valor máximo de lluvia diaria registrado, como para datos de curvas IDF en la estación meteorológica de Rafaela.

Revisando datos de la estación meteorológica Rafaela, se puede observar que la inundación de abril de 2003 en la localidad de Las Palmeras no coincide con los registros más altos de precipitaciones mensuales históricos, sino que la persistencia de altos niveles de precipitaciones durante seis meses seguidos (según tabla 3.2) fue lo que seguramente desencadenó el colapso del sistema de evacuación del pueblo.

Tabla 3.2: Registros de precipitaciones
(Fuente: Estación meteorológica Rafaela)

AÑO	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Total anual
1990	192,4	181,2	146,5	68,9	1,7	14,2	44,3	4,0	19,4	95,6	139,6	268,9	1176,7
1991	176,9	42,3	76,1	74,9	184,8	119,1	34,8	41,7	32,7	75,8	124,4	300,9	1284,4
1992	128,4	85,7	120,4	119,4	17,5	16,6	31,2	55,9	46,4	68,4	182,2	292,4	1164,5
1993	143,8	29,6	73,9	96,6	64,0	7,4	2,7	7,3	3,6	247,9	226,2	120,8	1023,8
1994	66,0	65,9	129,6	42,7	49,2	24,3	2,6	19,7	3,7	77,6	102,6	60,9	644,8
1995	80,4	80,1	126,5	44,8	101,8	3,6	0,9	0,0	8,3	208,9	239,6	16,8	911,7
1996	117,6	168,2	87,0	27,3	17,1	27,5	0,0	1,1	33,0	101,0	92,4	54,1	726,3
1997	122,3	55,3	12,5	11,3	86,1	45,5	14,2	11,1	33,3	40,8	68,3	256,3	757,0
1998	250,3	135,9	143,4	39,9	52,2	23,9	8,0	15,5	29,4	31,7	88,0	80,8	999,0
1999	125,3	149,2	183,8	315,4	9,9	45,2	17,0	3,0	29,4	22,7	84,4	144,7	1130,0
2000	66,5	100,4	116,0	354,9	64,4	5,4	22,9	19,1	24,9	54,2	162,5	144,1	1135,3
2001	232,4	19,2	139,2	80,2	5,2	31,4	3,7	61,0	80,9	212,1	137,8	71,2	1074,3
2002	124,1	31,0	234,3	116,4	81,1	1,1	34,3	13,0	45,2	61,5	165,5	160,9	1068,4
2003	62,8	283,0	195,0	218,7	30,1	3,2	23,4	73,9	39,3	86,0	173,1	114,2	1302,7
2004	26,9	29,1	94,8	140,3	15,6	21,7	5,8	0,3	9,9	108,8	97,1	135,3	685,6
2005	177,6	39,7	317,6	151,0	4,3	37,9	6,7	36,5	5,3	86,1	111,3	58,2	1032,2
2006	50,9	105,3	188,2	115,7	7,5	87,8	3,1	4,9	1,6	23,4	70,0	330,6	989,0
2007	52,0	192,3	542,3	37,7	46,1	46,6	0,3	7,7	87,6	62,6	21,4	121,1	1217,7
2008	143,6	178,9	135,7	37,5	5,7	0,5	6,4		28,4	124,5	74,3	16,3	751,8

En los últimos 100 años, la tormenta de mayor intensidad registrada por la estación meteorológica Rafaela de INTA fue el 28 de marzo del año 2007 (figura 3.1). Se tomaron los datos de precipitaciones de ese día para la verificación del programa.

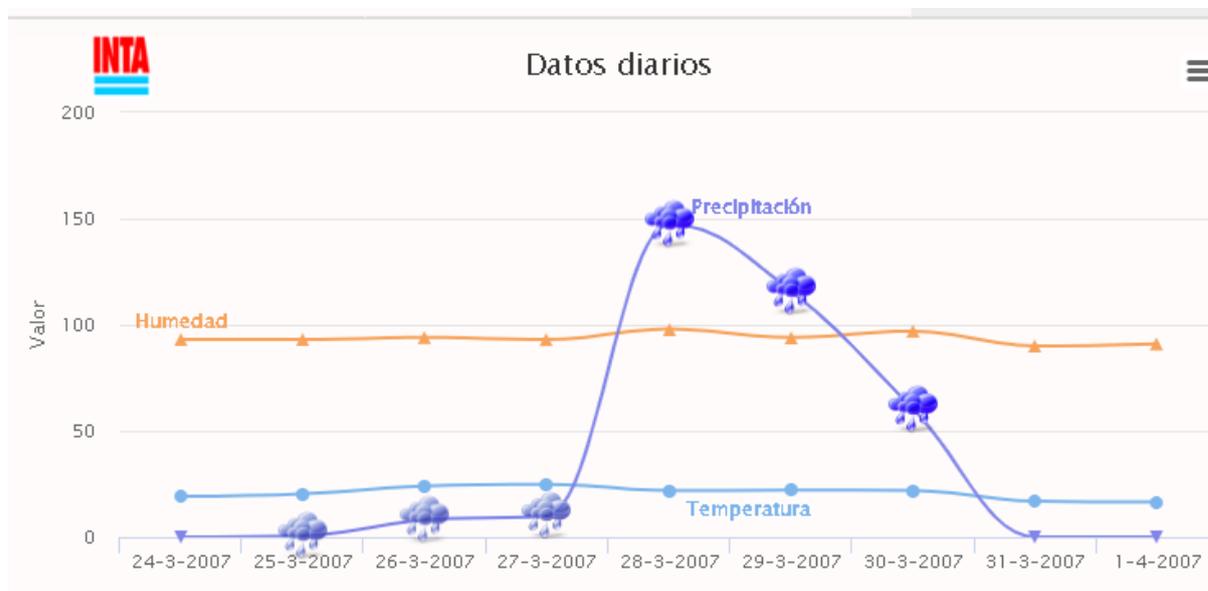


Figura 3.1: Valor máximo de precipitación diaria en últimos 100 años
(Fuente: Estación Meteorológica de Rafaela)

En primer lugar, se utilizó de fondo la imagen del plano de Las Palmeras para poder graficar las subcuencas y el trazado de los entubados y acequias, obteniéndose el esquema de la figura 3.2. Luego, se asignaron propiedades geométricas de cada elemento (áreas de aporte, secciones y cotas correspondientes) y propiedades relacionadas a la escorrentía.

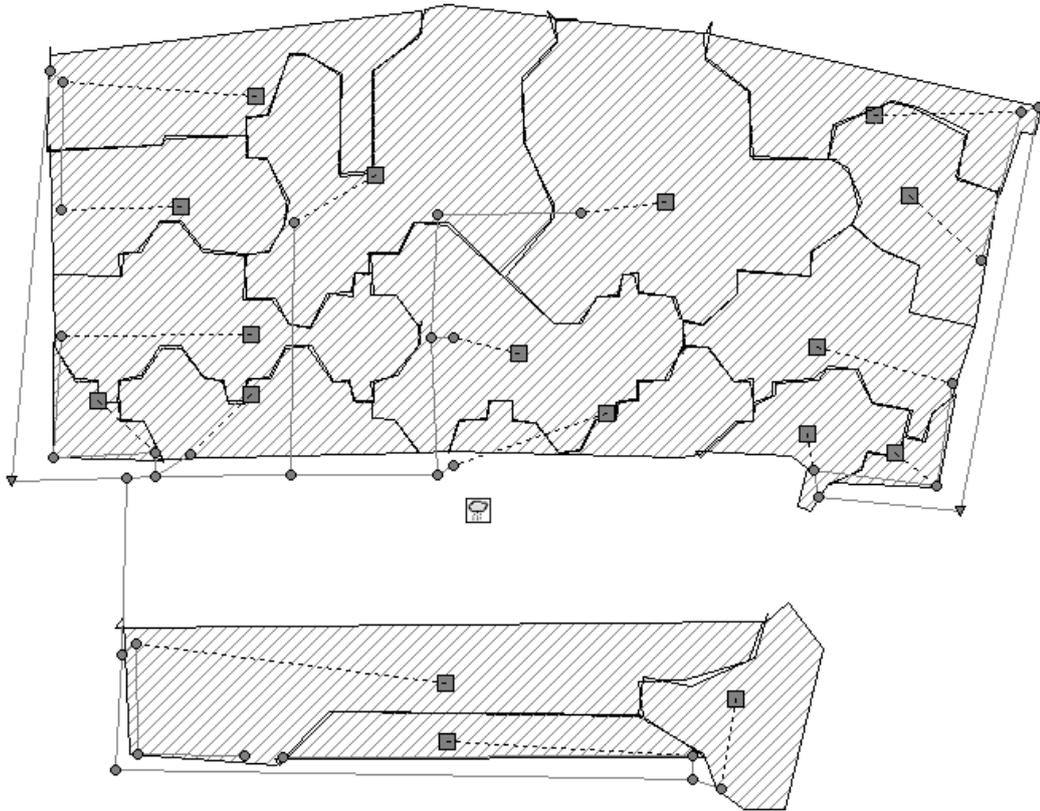


Figura 3.2: Modelo cargado en software SWMM
(Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se introdujeron los datos de lluvia. Para el caso de la tormenta real analizada, se consideraron las precipitaciones caídas en el lapso de 1:00 a 6:00 horas del día 28/03/2007, según figura 3.3.

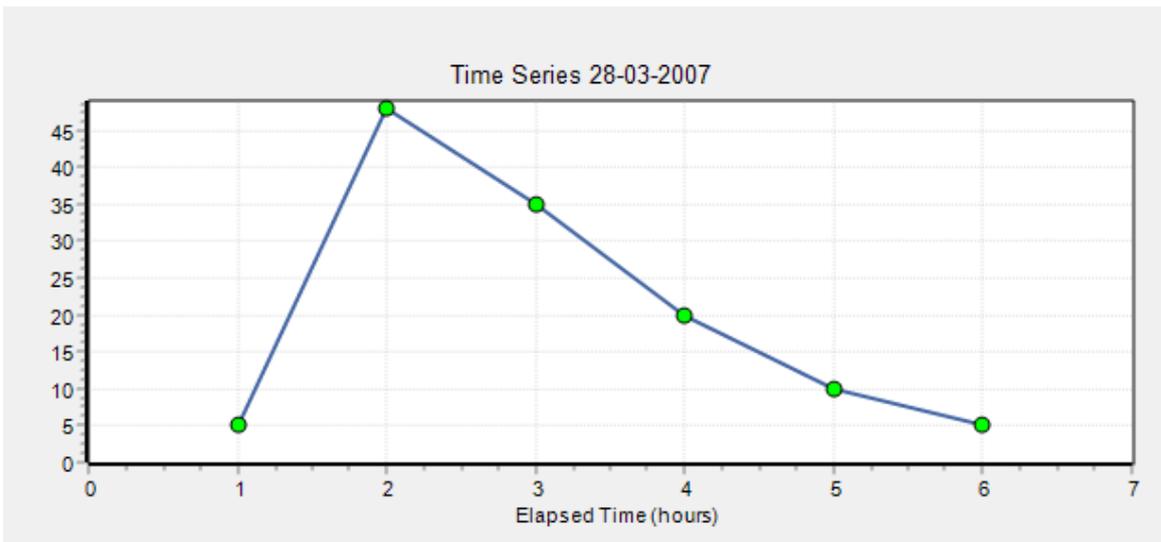


Figura 3.3: Datos de tormenta real cargada en software SWMM
(Fuente: Elaboración propia)

Los datos obtenidos arrojaron el hietograma de la figura 3.4.



Figura 3.4: Hietograma obtenido en software SWMM para tormenta real
(Fuente: Elaboración propia)

La curva de respuesta del sistema es un hidrograma (figura 3.5) que representa el caudal de salida de la cuenca en función del tiempo en el transcurso de la tormenta.

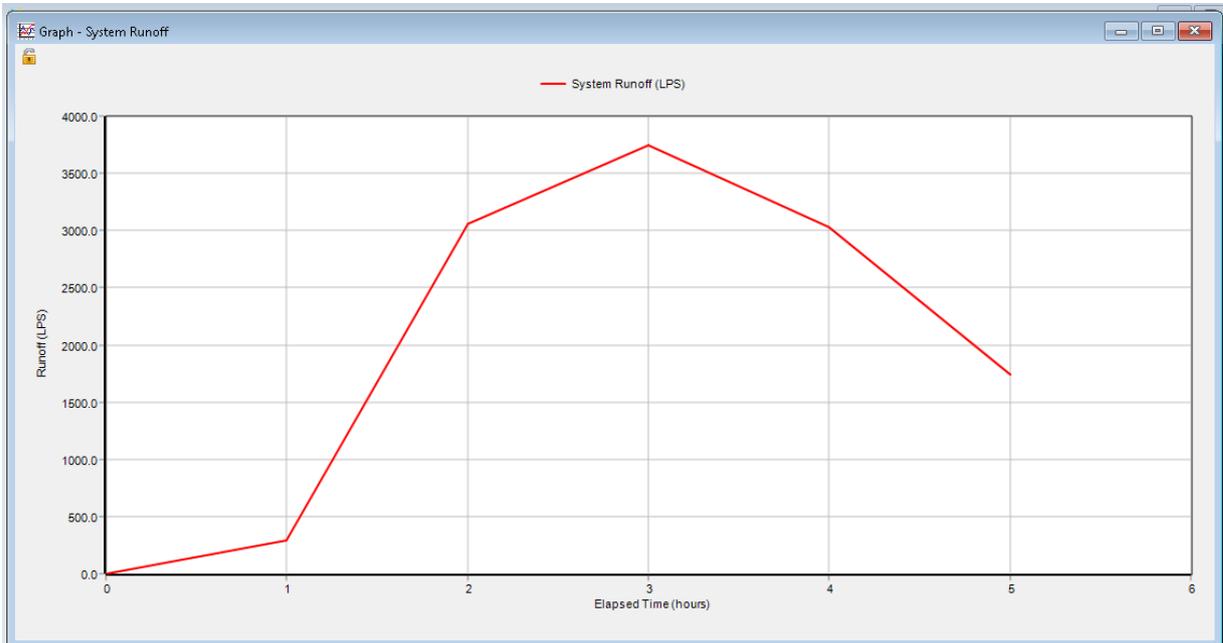


Figura 3.5: Hidrograma obtenido en software SWMM para tormenta real
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en la figura 3.5, a la hora 3:00 se presenta el caudal pico. Por lo tanto, se debió analizar el rendimiento del sistema en ese horario. En la figura 3.6 se observa que las secciones planteadas verifican para la tormenta real analizada.

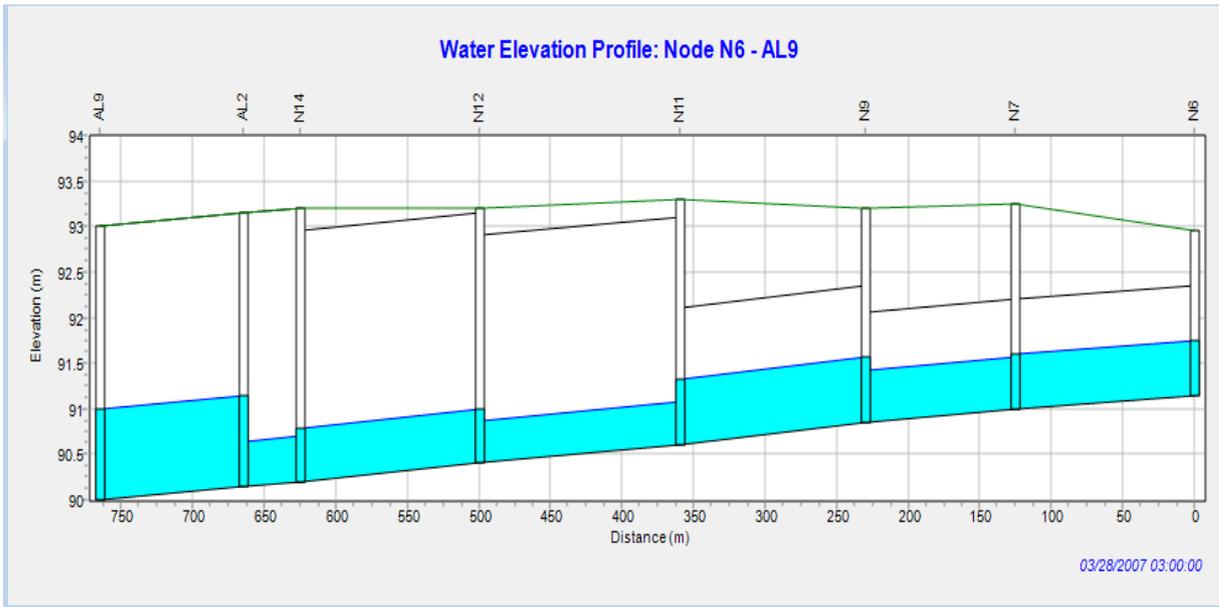


Figura 3.6: Niveles de tirante de agua obtenido en software SWMM para tormenta real
(Fuente: Elaboración propia)

Toda la verificación se repitió para el caso de una tormenta estimada mediante método de bloques alternos (tabla 3.3), a partir de las curvas IDF proporcionadas también por la Estación Meteorológica de Rafaela.

Tabla 3.3: Determinación de datos de lluvia por método de bloques alternos
(Fuente: elaboración propia)

t	I (T=5)	Precipitación acumulada	Precipitación del bloque	Precipitación bloques alternos
(a)	(b)	(c) = (b)/60*(a)	(d) = (c_{i+1})-(c_i)	(e)
(min)	(mm/h)	(mm)	(mm)	(mm)
5,00	148,98	12,41	12,41	2,28
10,00	128,00	21,33	8,92	2,75
15,00	112,81	28,20	6,87	3,46
20,00	101,25	33,75	5,55	4,63
25,00	92,11	38,38	4,63	6,87
30,00	84,68	42,34	3,96	12,41
35,00	78,51	45,80	3,46	8,92
40,00	73,29	48,86	3,06	5,55
45,00	68,82	51,61	2,75	3,96
50,00	64,93	54,11	2,49	3,06
55,00	61,52	56,39	2,28	2,49
60,00	58,49	58,49	2,10	2,10

Los datos obtenidos arrojaron el hietograma de la figura 3.7.

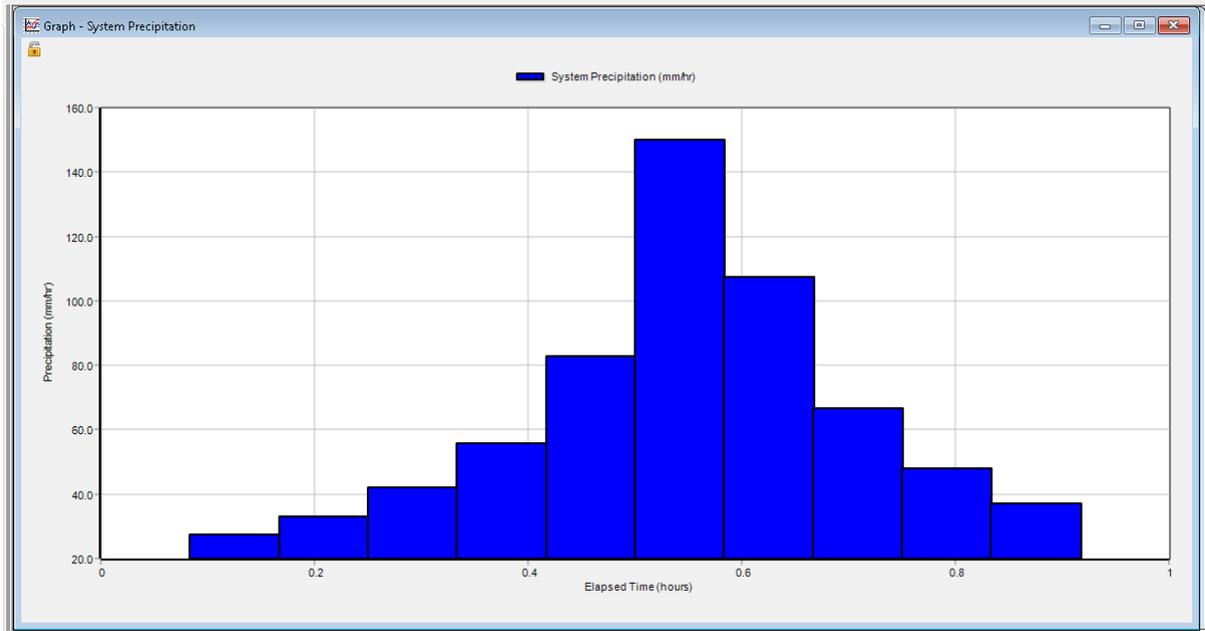


Figura 3.7: Hietograma obtenido en software SWMM para tormenta según curvas IDF
(Fuente: Elaboración propia)

El hidrograma de salida se muestra a en la figura 3.8.

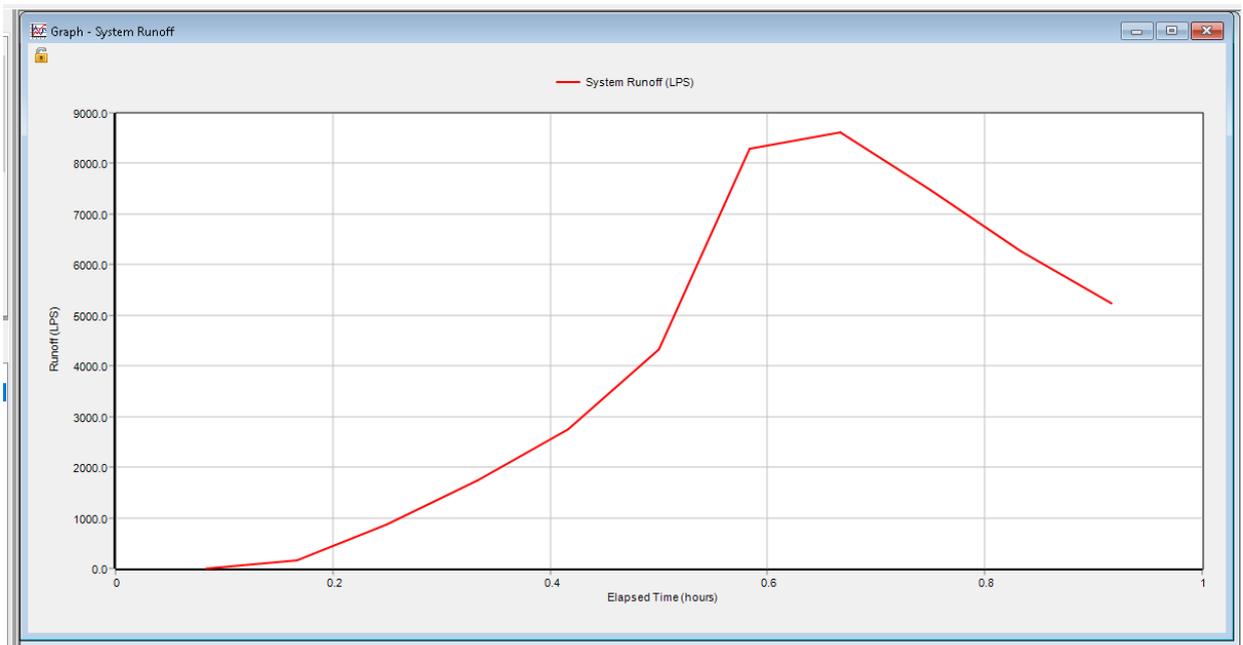


Figura 3.8: Hidrograma obtenido en software SWMM para tormenta según curvas IDF
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en la figura 3.8, a la hora 0:40 se presenta el caudal pico. Por lo tanto, se analizó el rendimiento del sistema en ese horario.

Al observar los tramos de la figura 3.9 y el resto de los tramos del modelo, se puede apreciar que el todos ellos verificaron su sección.

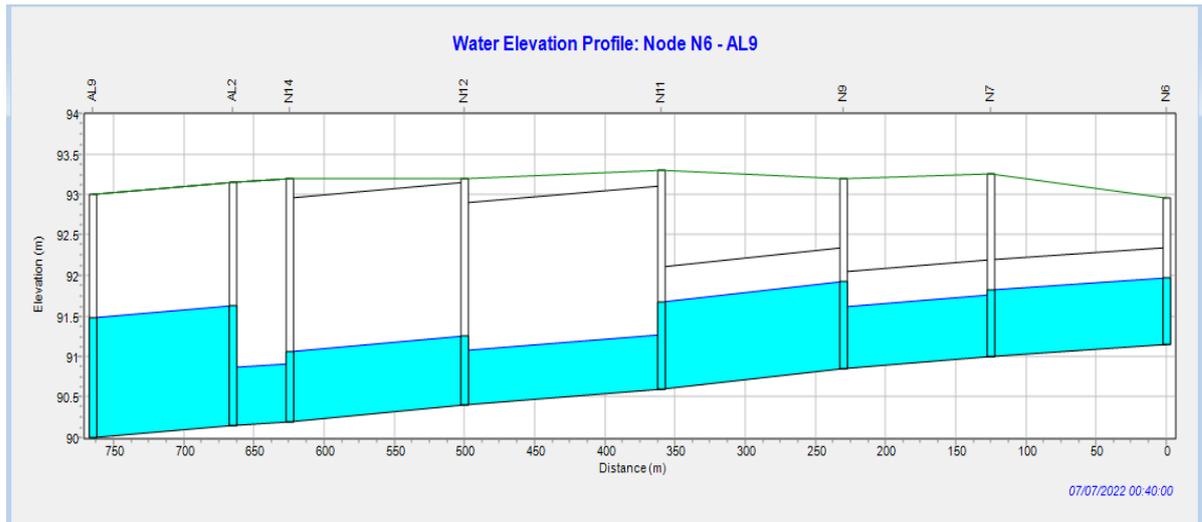


Figura 3.9: Niveles de tirante de agua obtenido en SWMM para T=5 años según curvas IDF
(Fuente: Elaboración propia)

Por último, se verificaron los entubados de salida que atraviesan la defensa perimetral para una tormenta con período de retorno de 100 años, según curvas IDF. En las figuras 3.10 a 3.15 se representa la verificación de las distintas estructuras de salida de caudales a través de la defensa perimetral.

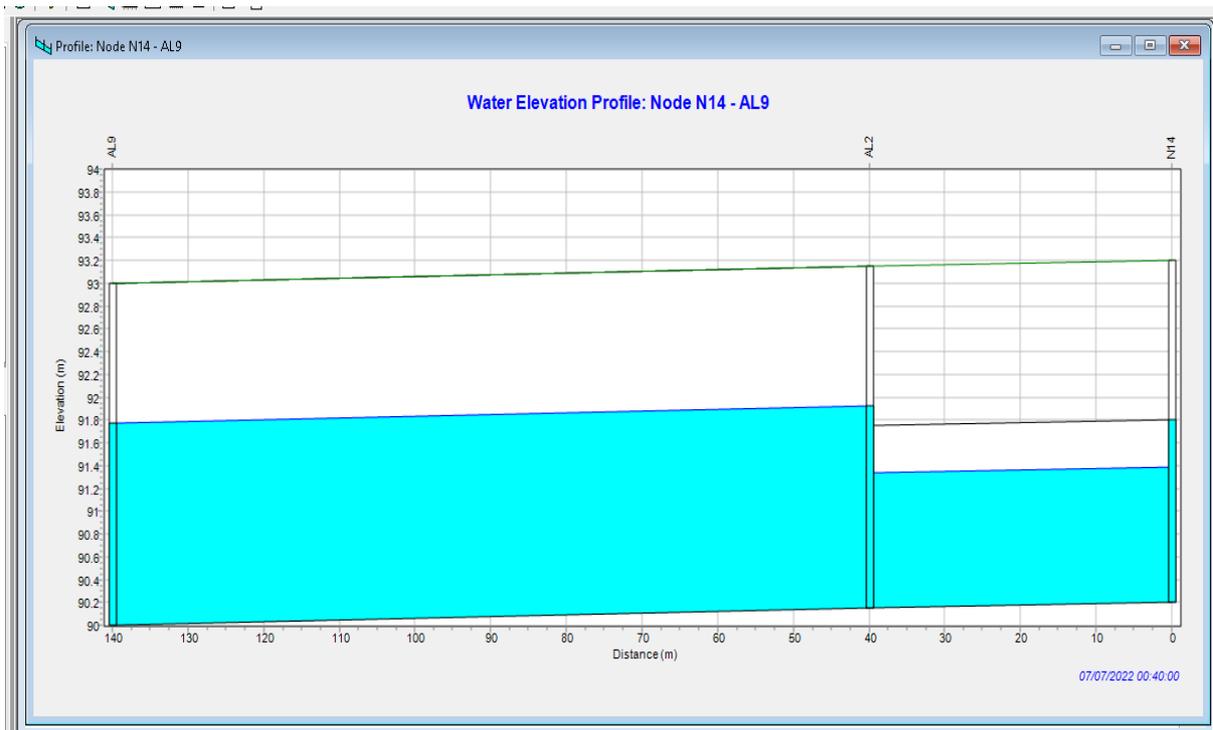


Figura 3.10: Verificación de alcantarilla de salida AL2 en SWMM
(Fuente: Elaboración propia)

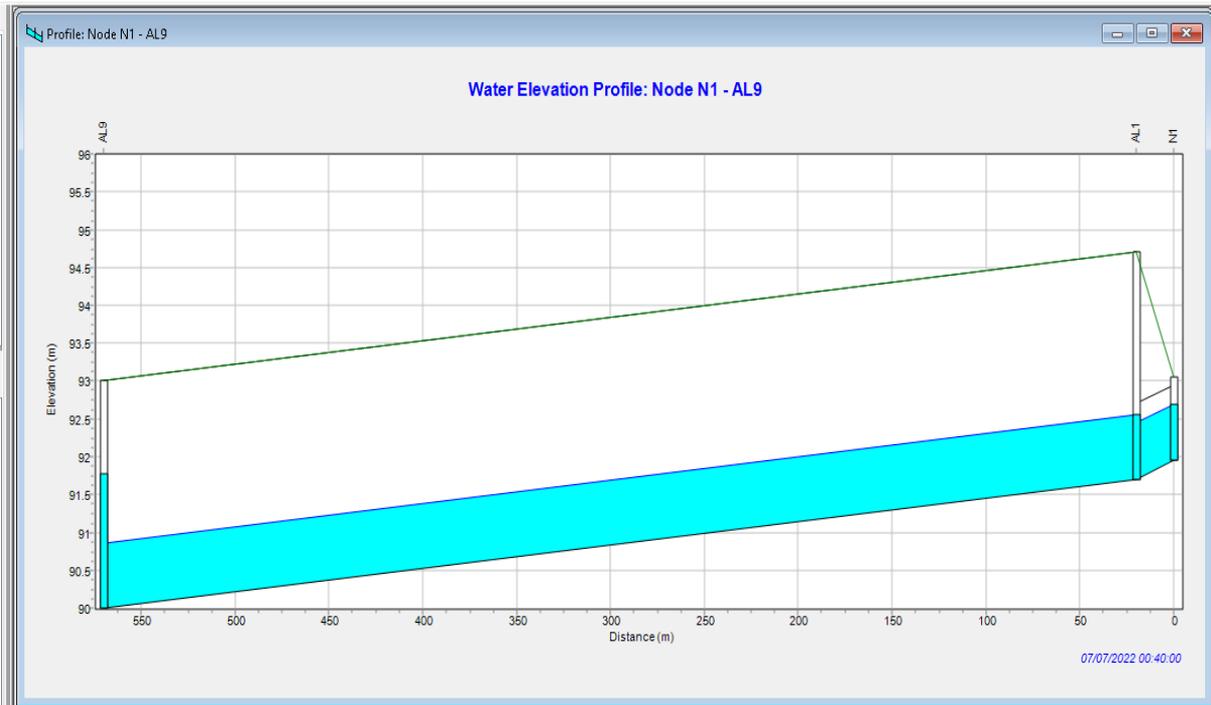


Figura 3.11: Verificación de alcantarilla de salida AL1 en SWMM
(Fuente: Elaboración propia)

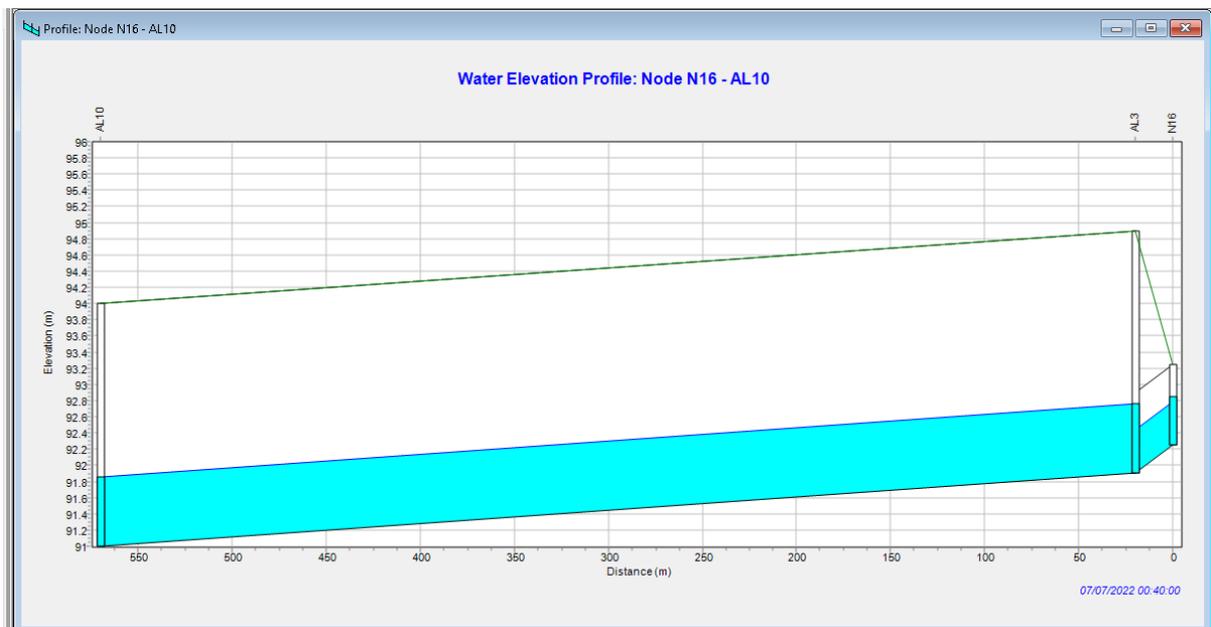


Figura 3.12: Verificación de alcantarilla de salida AL3 en SWMM
(Fuente: Elaboración propia)

Para el caso de la salida AL4, al analizar la tormenta con período de retorno de 100 años, la sección de 100 cm ya no verifica. Por lo tanto, se aumentó el diámetro de la sección a 120 cm, obteniéndose el siguiente perfil:

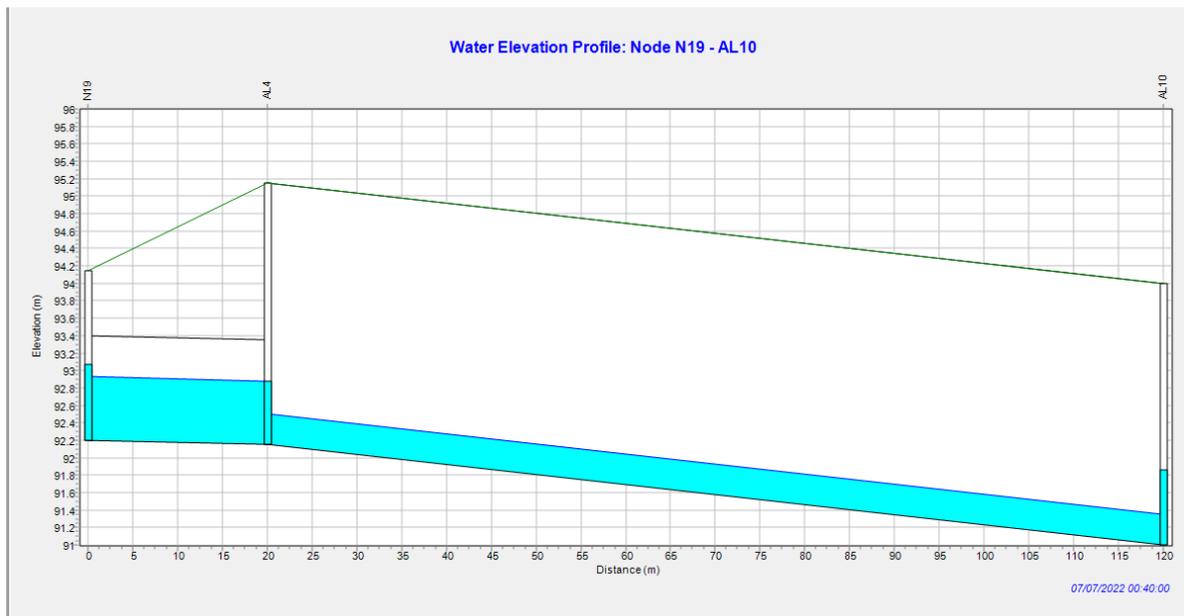


Figura 3.13: Verificación de alcantarilla de salida AL4 en SWMM
(Fuente: Elaboración propia)

Un caso similar sucedió con el entubado AL7. La sección de 70 cm de diámetro debió reemplazarse por una de 100 cm de diámetro.

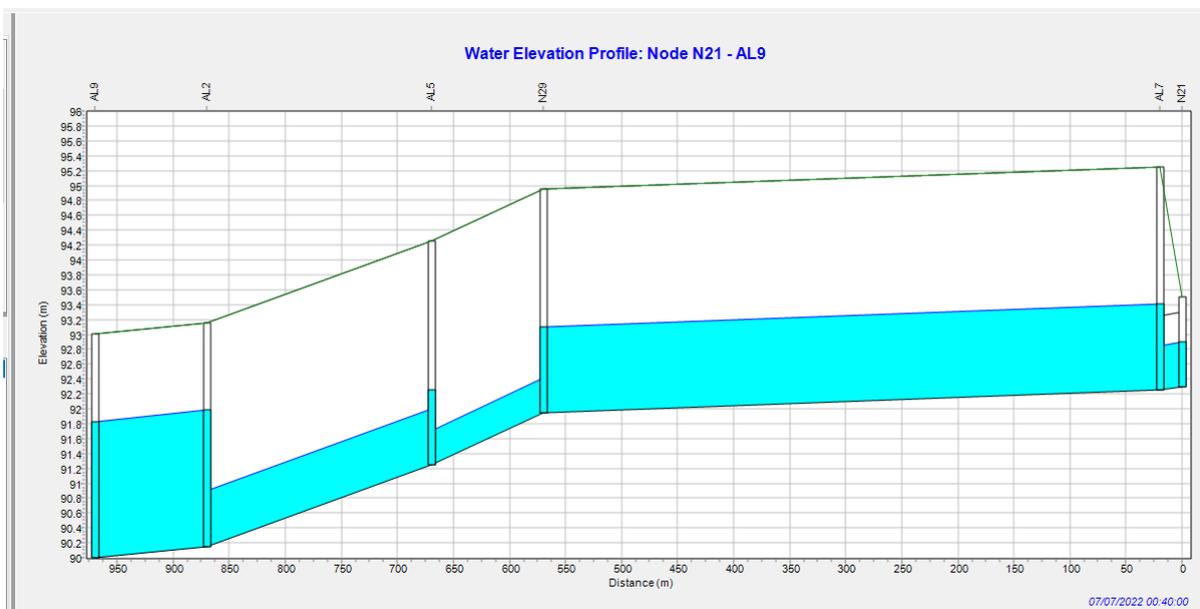


Figura 3.14: Verificación de alcantarilla de salida AL7 en SWMM
(Fuente: Elaboración propia)

Por último, se repitió la situación para salida AL5. El diámetro de 100 cm no fue suficiente y el adoptado fue de 120 cm.

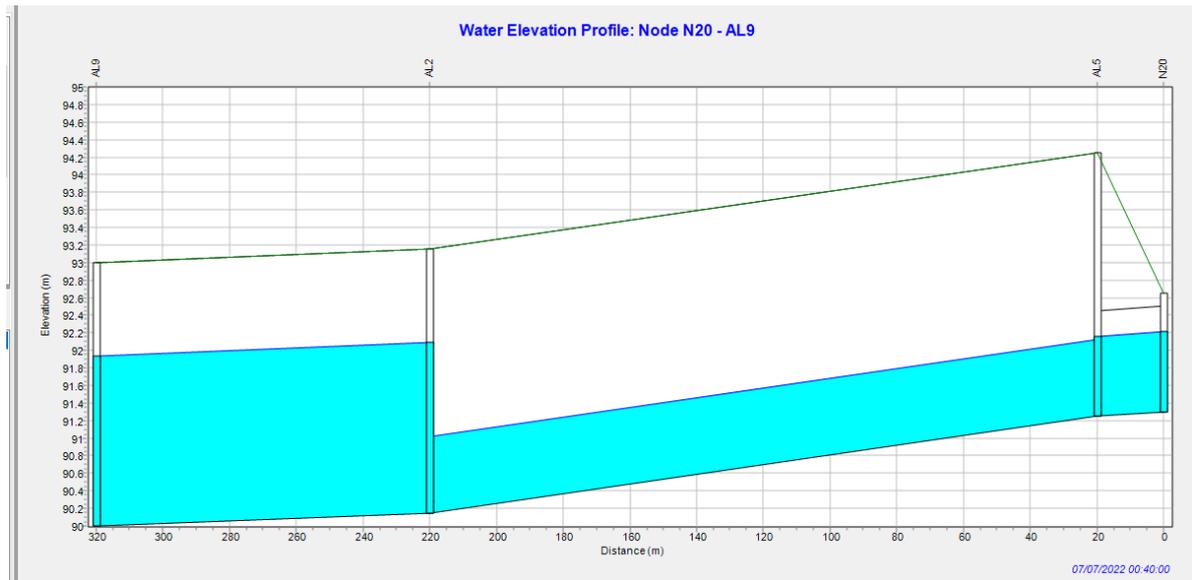


Figura 3.15: Verificación de alcantarilla de salida AL5 en SWMM
(Fuente: Elaboración propia)

De esta manera, quedaron verificadas y definidas las secciones de proyecto para el microdrenaje de la localidad de Las Palmeras.

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La ejecución de un proyecto conlleva responsabilidades a gestionar en las distintas etapas que lo componen. A partir de la evaluación, se determina cómo las obras a construir interactuarán con su entorno, desde el punto de vista ambiental, en compensación de beneficios económicos y sociales.

El análisis incluye tres instancias:

- Previo a la construcción: Se trata de identificar las materias primas que intervienen en los procesos y el coste ecológico de su obtención y/o producción.
- Durante la construcción: Se refiere a contaminación que se genera durante los procesos constructivos.
- A lo largo de la vida útil de la construcción y culminado dicho período: Debe considerarse la mayor vida útil posible con un sistema óptimo de mantenimiento. Además, se debe evaluar la posibilidad de reciclar materiales luego de cumplida su vida útil en un sistema.

4.1. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

El reciclaje de hormigón contribuye a una economía circular mediante la reducción del uso y transporte de áridos naturales. El hormigón demolido se puede reutilizar como base para pavimentos futuros, como agregado de hormigón reciclado, como sub-base granular en pavimentos flexibles, y en mezclas de materiales seleccionados.

Según OFICEMEN (2008), los principales efectos a considerar acerca del ciclo de vida de los materiales son los siguientes:

- Consumo de recursos: Impacto que evalúa las extracciones de minerales y combustibles fósiles.
- Reducción de la capa de ozono: Impacto producido por las emisiones atmosféricas que contribuyen a la reducción del ozono estratosférico.
- Calentamiento global: Impacto producido por las emisiones atmosféricas que contribuyen al efecto invernadero.
- Acidificación: Impacto producido por las emisiones atmosféricas que contribuyen a una disminución del pH del entorno (NO_x=nitratos, SO_x= sulfatos, HCl=ácido clorhídrico).
- Eutrofización: Impacto producido por las emisiones líquidas y atmosféricas que contribuyen al aumento de la materia orgánica en el medio hídrico (NO_x, NH₃=amoníaco, PO₃₋₄ = fosfatos).
- Formación de oxidantes fotoquímicos: Impacto que evalúa la generación de ozono troposférico debido a la reacción entre contaminantes (NO_x y COVs=compuestos orgánicos volátiles), en presencia de luz solar.
- Generación de residuos: Impacto producido por la producción de residuos que contribuyen a la creación de vertederos.

4.1.1. Uso de Cemento Portland

En el ámbito de la construcción, el insumo con mayor impacto apreciable es el Cemento Portland. Si bien existen muchos sistemas constructivos nuevos más sustentables, el sistema convencional sigue teniendo una vigencia muy importante y no se logra a nivel mundial ningún tipo de tendencia a reducir el uso masivo de cemento. Por este motivo es imprescindible hacer hincapié en la implementación de acciones que reduzcan los efectos negativos del ciclo de vida de este material.

En la figura 4.1 se presenta un esquema para la rápida visualización del proceso constructivo del Cemento Portland y su ciclo de vida.

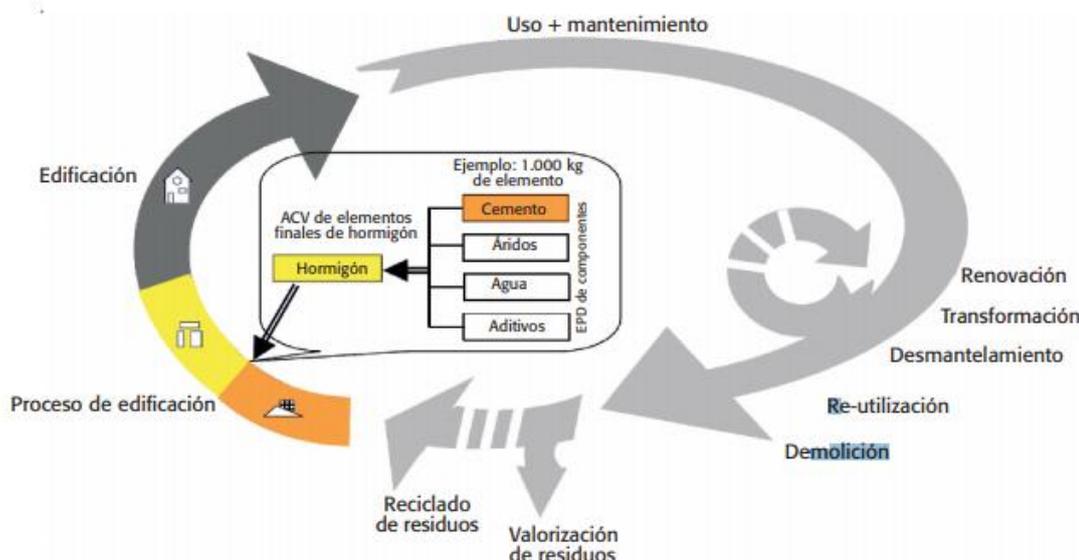


Figura 4.1: Uso del cemento en procesos constructivos
(Fuente: CEMA, 2008)

4.1.2. Medidas de mitigación

La Fundación Laboral del Cemento y el Medio ambiente de España (CEMA) en diversos artículos publicados en su página web oficial propone las siguientes medidas:

- Reforestación de sectores de cantera agotados.
- Utilización de combustibles no fósiles en las plantas cementeras. Mediante varios estudios demuestran las ventajas del uso de biocombustibles como el lodo proveniente de lagunas de tratamiento de efluentes, o bien de la termólisis de neumáticos en desuso.
- Búsqueda de fórmulas innovadoras para reducir las emisiones de CO₂, aplicación de nuevas tecnologías emergentes como la captura, transporte, almacenamiento y usos del CO₂ y desarrollo de nuevos cementos bajos en carbono. Algunos minerales naturales como el olivino y el basalto, cuando se trituran pueden re-carbonatarse al exponerlos al aire o a los gases del horno, pudiendo absorber hasta un 20% de las emisiones de CO₂ del proceso de fabricación de cemento. Una vez carbonatados, estos materiales se pueden utilizar como sustitutos del clínker.
- Control sobre procesos constructivos de hormigón que aseguren la máxima vida útil del material. El hormigón desempeña un papel fundamental por ser un material durable y resistente, capaz de hacer frente a la mayor severidad de las condiciones meteorológicas y desastres naturales.

- Reciclaje de restos de hormigón producto de la demolición de obras.
- La re-carbonatación es el proceso mediante el cual el hormigón reabsorbe parte del CO₂ que se liberó durante la producción de clínker. Ocurre de manera natural. Todas las estructuras de hormigón y mortero absorben CO₂ permanentemente durante su vida útil. Se estima que el 20% de las emisiones de CO₂ del proceso del cemento utilizado son absorbidas por estructuras y pavimentos de hormigón. Sumado a este beneficio, los áridos de hormigón reciclado tienen una mayor superficie de contacto con la atmósfera y pueden absorber más fácilmente CO₂. Se ha demostrado que este proceso puede acelerarse utilizando los gases de emisión procedentes del horno de clínker, aumentando la absorción de CO₂ hasta el 50% de las emisiones de CO₂ de proceso.

4.1.3. Estrategia de las 5Cs

Mediante un interesante movimiento, OFICEMEN y otras Organizaciones No Gubernamentales españolas con apoyo estatal y formadas por empresas y sindicatos, reúnen esfuerzos para intentar reducir el impacto ambiental negativo de la construcción, dado que los materiales y las obras son necesarias de todos modos. En la tabla 4.1 se muestran objetivos de sustentabilidad planteados por estos entes.

Tabla 4.1: Objetivos de sustentabilidad en la industria del cemento.
(Fuente: OFICEMEN, 2008)

Cadena de valor del cemento - 5Cs	Áreas que permiten una reducción significativa de las emisiones de CO ₂	Objetivos		
		2018	2030	2050
5C - Clínker	Uso de materias primas descarbonatadas	3,15%	5%	8%
	Uso de combustibles biomasa	12%	20%	40%
	Mejora de la eficiencia energética	3.602MJ/tck	3.400MJ/tck	3.000MJ/tck
	Reducción de emisiones de proceso por clínkeres bajos en carbono	0%	2%	5%
	Reducción de emisiones de combustión por uso de hidrógeno y electrificación	0%	0%	10%
	Tecnologías de almacenamiento, captura y uso de carbono. Porcentaje de penetración	0%	1%	50%
5C - Cemento	Adiciones. Evolución del factor clínker	83%	75%	70%
	Origen renovable de la electricidad		50%	100%
	Transportes internos neutros (eléctricos y/o propulsados por hidrógeno)	0%	0%	100%
5C - Hormigón¹	Reducción de la cantidad de cemento por m ³ de hormigón de idénticas prestaciones	0%	5%	10%
	Transporte neutro (eléctricos y/o propulsados por hidrógeno)	0%	0%	100%
5C - Construcción	Eficiencia en el uso del hormigón: mejora en la eficiencia energética de las construcciones (no se contabilizan estas reducciones de CO ₂ ya que se estima que en 2050 toda la energía de los edificios provendrá de fuentes renovables)	n.a.	n.a.	n.a.
5C - (re) Carbonatación	Recarbonatación del hormigón. Según metodología científica publicada y consenso multigeográfico, pendiente de evaluar por IPCC, se considera que en la vida útil del hormigón, un 20% de las emisiones de proceso del clínker son reabsorbidas. Adicionalmente, si el hormigón se tritura al final de su vida útil se recarbonata un 3% más	0%	20%	23%

Sería interesante que en Argentina pudiera haber un organismo de control estatal con colaboración de sindicatos de construcción y empresas fabricantes de materiales de construcción, que reglamenten, informen, capaciten y verifiquen la correcta implementación de medidas de mitigación de impactos ambientales negativos en los distintos ámbitos que involucran a la industria de la construcción. La situación argentina actual en este aspecto es que, si bien existen leyes vigentes, es muy pobre el control en fábricas y obras para que se cumplan los protocolos presentados de Gestión Ambiental.

En la Provincia de Santa Fe, el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se encuentra reglamentado bajo el Decreto N°0101 de fecha 27 de febrero de 2003, que complementa la Ley N°11717 de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. En el Artículo 12 del Anexo reglamentario, se definen tres categorías de emprendimientos o actividades.

Analizando dicha normativa, puede considerarse que el proyecto de pavimentación urbana proyectado en el presente trabajo corresponde a la "Categoría 2: De Mediano Impacto Ambiental, cuando pueden causar impactos negativos moderados, afectando parcialmente al ambiente, pudiendo eliminarse o minimizarse sus efectos mediante medidas conocidas y fácilmente aplicables; asimismo, cuando su funcionamiento constituye un riesgo potencial y en caso de emergencias descontroladas pueden llegar a ocasionar daños moderados para la población, el medio ambiente o los bienes materiales."

4.2. SITUACIÓN PRE-OPERACIONAL EN LAS PALMERAS, SANTA FE.

Respecto al estado actual de la localidad, sobre todo en aquellas calles que aún no están pavimentadas, el nivel de polvo afecta no solo en cuestiones de orden y limpieza sino también a la calidad del aire que se respira. En el caso de los días de lluvias, también implica una incomodidad para los habitantes, puesto que al no estar impermeabilizada la calle ni contar con un correcto escurrimiento y encauce de las aguas precipitadas, suele ocurrir un estancamiento de dichas aguas.

Por este motivo es importante tener en cuenta que durante el desarrollo de la obra se debe prever la evacuación provisoria de las aguas precipitadas, para evitar una afectación al suelo del lugar, generando problemas de humedad en exceso y afectación a los habitantes. Se debe tener presente en todo momento la comodidad de tránsito peatonal en las zonas de trabajo, debido a que durante la preparación de la calzada se interrumpe provisoriamente el tránsito, tanto para la etapa de movimiento de suelo como de hormigonado.

4.2.1. Estimación de cantidad de personas beneficiadas con esta obra

Además de la población propia del pueblo (alrededor de 700 personas) que contaría con mejor accesibilidad, condiciones de transporte y menores afectaciones por precipitaciones, se verían beneficiadas también alrededor de 50 personas entre operarios y empleados administrativos de la empresa constructora de la obra. Por otro lado, se beneficia tanto a pobladores como a camioneros o maquinistas rurales, ya que se mejora el desvío de tránsito pesado.

4.2.2. Identificación de tareas a realizar

En la tabla 4.2 se enumeran tareas a realizar y aspectos a considerar para el estudio de impacto ambiental (EIA)

Tabla 4.2: Identificación de tareas y sus efectos
(Fuente: Elaboración propia)

Operaciones y procesos	Materias primas e insumos. Maquinarias	Residuos generados	Efectos sobre el entorno
Movimiento de suelo – Nivelación y compactación	<ul style="list-style-type: none"> *Suelo seleccionado extraído de cantera. *Agua *Uso de retroexcavadoras, camiones, compactadoras pata de cabras y motoniveladoras propulsadas con combustibles fósiles. 	<ul style="list-style-type: none"> *Suelo vegetal *Gases producto de combustión para funcionamiento de máquinas 	<ul style="list-style-type: none"> * Implica afectación de paisaje y topografía natural. Puede depositarse en cantera el suelo vegetal extraído de cunetas. * La distancia a la cantera debe ser la menor posible, para reducir uso de combustible.
Tendido de cañerías, construcción de bocas de tormenta y retardadores	<ul style="list-style-type: none"> *Caños de PVC *Arena *Suelo seleccionado *Cal *Hormigón *Acero ADN 420, alambre de atar, clavos *Maderas para encobrados 	<ul style="list-style-type: none"> *Restos de caños *Envoltorios de materiales menores *Restos de acero y de madera. 	<ul style="list-style-type: none"> *Uso de relleno sanitario para verter residuos que no se puedan reciclar. Es necesario optimizar uso de insumos. *Requiere dimensionar secciones mínimas de acero y hormigón.
Construcción o modificación de cordones cuneta	<ul style="list-style-type: none"> *Martillo demoledor con uso de nafta. * Hormigón *Encofrado preferentemente metálico 	<ul style="list-style-type: none"> *Restos de hormigón demolido. * Gases producto de combustión 	<ul style="list-style-type: none"> *Usar escombros para hormigones de limpieza de ser posible. *Minimizar demolición.
Encofrado y hormigonado de paños de pavimento. Curado y tomado de juntas	<ul style="list-style-type: none"> *Agua *Encofrados metálicos *Arena *Hormigón *Fondo de juntas y sellador asfáltico. *Vibradores 	<ul style="list-style-type: none"> *Envoltorios de materiales menores * Gases producto de combustión 	<ul style="list-style-type: none"> *Uso de relleno sanitario para verter residuos que no se puedan reciclar. *Minimizar desperdicios. *Utilizar fluidificantes y acelerantes de fragüe para reducir insumos de vibrado y curado de hormigón.

4.2.3. Etapas de obra:

- La primera etapa será la pavimentación del desvío de tránsito pesado, con una duración estimada de 90 días.

- Se plantea como segunda etapa la pavimentación de calles secundarias y arterias principales por manzanas comenzando desde aguas arriba del sistema de drenaje, con un plazo que seguramente será no menor a 270 días.

Cada etapa incluye la respectiva ejecución de desagües pluviales.

4.2.4. Vida útil del proyecto

La vida útil de los pavimentos y desagües se plantea de entre 30 y 50 años, cumplimentando las tareas pertinentes de mantenimiento con la periodicidad correspondiente, incluyendo limpieza de rejillas de bocas de tormenta, tomado de juntas, limpieza de cordones cuneta, bacheo y refuerzo de sectores de pavimento que se deterioren.

En la zona se frecuenta el mejorado con ripio de las calzadas urbanas como tratamiento para solucionar temporalmente la falta de obras de infraestructura. Esta opción es el afirmado de superficie natural con ripio, que implica un mantenimiento casi constante con una de las maquinarias que funcionan con combustibles fósiles y periódicamente agregado de material extraído de cantera. Es lo más económico, pero no es convincente desde el punto de vista de la vida útil.

Otra opción es el pavimento flexible que, como ya se evaluó al inicio del trabajo, también tiene menor vida útil y no deja de ser contaminante en el proceso de obtención del asfalto ni durante la obra por el requerimiento de las maquinarias necesarias para la ejecución.

En caso de no realizarse la obra, el pueblo seguiría contando con la mayoría de sus calles enripiadas o sin tratar y con problemas de evacuación de aguas pluviales.

4.2.5. Impactos ambientales y medidas de mitigación por etapas

En la tabla 4.3 se detallan las etapas constructivas y se identifican sus impactos y correspondientes medidas de mitigación.

Tabla 4.3: Evaluación de impacto por etapas.
(Fuente: Elaboración propia)

ACTIVIDADES	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	OBS.
Etapas preparación del sitio.			
Desmonte	Afectación de las corrientes de agua por mala ubicación del material removido.	Retiro del suelo removido fuera de las corrientes de agua. Ubicación en acopios correspondientes, separando suelo vegetal de suelo seleccionado.	Adverso.
	Contaminación del aire por humos, debido al uso de combustibles diesel para los equipos viales.	Control y mantenimiento de maquinarias viales para reducir niveles de contaminación por CO2.	Adverso.
	Ruido.	No mitigable.	Adverso.
	Modificación del paisaje.	No mitigable	Adverso.
	Generación de empleo en la zona		Benéfico.

Tabla 4.3: Evaluación de impacto por etapas. (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia)

ACTIVIDADES	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	OBS.
Etapas de construcción			
Campamento y oficinas	Contaminación de corrientes superficiales de agua.	Uso de baños portátiles, conexiones a red de infraestructura cloacal.	Adverso.
	Contaminación de suelo.	Clasificación de residuos de uso doméstico y de mantenimiento de maquinarias viales.	Adverso.
	Contaminación de agua.	Conexión y/o abastecimiento de agua potable para consumo humano. Extracción de agua de napa mediante perforación, para consumo no humano.	Adverso.
	Contaminación del aire	Por uso de generadores de electricidad por quema de combustibles diesel.	Adverso.
Excavación y nivelación	Contaminación del aire	Partículas de polvo de suelo suspendidas. Mitigable con riegos periódicos.	Adverso.
	Riesgos de accidentes	Botiquín de emergencias. Ruta de acceso a Hospital. Delimitación de la zona de trabajo mediante mallado, para evitar el ingreso de personas ajenas a la obra.	Adverso.
	Generación de empleos.		Benéfico.
Drenaje y subdrenaje	Socavación.	Control de desagües en zona de obra para evitar estancamientos y su consecuencia, al socavación.	Adverso.
	Contaminación aguas pluviales.	Tapar durante el movimiento de suelos, el ingreso en bocas de tormenta, acequias, y otras, para evitar el taponamiento de las mismas. Controlar al final de la jornada que queden las corrientes de agua pluvial liberadas para su correcto funcionamiento.	Adverso.
Cortes y Terraplenes	Modificación de las corrientes y caudales por modificación del drenaje natural.	Suavizar pendientes y equilibrar cortes y terraplenes.	Adverso.
	Inestabilidad en taludes.	Cubrir superficie con materia vegetal para empastar y evitar erosión. En casos necesarios, reforzar con mallas.	Adverso.
Acarreos del material. Operación de maquinarias.	Contaminación por ruidos.		Adverso.
	Contaminación del aire.	Control de partículas suspendidas, cubrir con lonas el material transportado, riegos permanentes.	Adverso.
	Contaminación de suelo por derrame de combustibles y/o aceites.	Vertido de residuos en tambores de 200lts para evitar la contaminación.	Adverso.

Tabla 4.3: Evaluación de impacto por etapas. (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia)

ACTIVIDADES	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	OBS.
Etapas de construcción			
Plantas de asfalto, hormigón, trituradoras, talleres.	Calidad del agua.	No contaminar las corrientes superficiales de agua. tratamiento de aguas residuales. Conexión a red cloacal municipal.	Adverso.
	Generación de polvos.	Estudio de vientos en al zona de implantación. Cobertura con lonas, tolvas, cintas acarreadoras, y camiones.	Adverso.
	Contaminación de suelo.	Sistema de contención por derrame de combustibles y aceites. Separación de residuos solidos.	Adverso.
	Riesgos de accidentes	Botiquín de emergencias. Ruta de acceso a Hospital. Ubicación de extintores en zonas apropiadas dentro los puestos de trabajo.	Adverso.
Pavimentación	Afectación microclima.	No mitigable.	Adverso.
	Pérdida de suelo.	No mitigable.	Adverso.
	Cambios en patrones de escurrimiento de aguas superficiales.	Proyecto de drenaje.	Adverso.
	Afectación del suelo.	Los sobrantes de mezcla, asfáltica u hormigón, deben regresar a la planta para su acopio correspondiente.	Adverso.
	Reducción de la infiltración	No mitigable.	Adverso.
Obras complementarias.	Modificación del drenaje.	Ubicación de bocas de tormenta, entubados, acequias y reservorios en lugares adecuados.	Adverso.
	Incremento de erosión	Reforestación de las zonas de drenaje modificadas.	Adverso.
Etapas de conservación y operación			
Tránsito vehicular	Contaminación del aire.	Programa de reforestación para aplacar las emisiones de humo.	Adverso.
	Contaminación por ruido.	Límites de velocidad en tránsito urbano. Desvíos de tránsito pesado.	Adverso.
	Contaminación de suelo y agua.	Programa de recolección de residuos sólidos.	Adverso.
	Riesgos de accidentes.	Señalización de la calzada, demarcación de pases peatonales. Obras de iluminación.	Adverso.

4.3. MÉTODO PROGNOS II

La EIA es un instrumento de gran utilidad que permite identificar las consecuencias ambientales que generan las acciones de un proyecto, sobre los aspectos ambientales (abióticos, bióticos y sociales) y evitar así el deterioro del entorno. Debe contener:

- Plan de Gestión Ambiental, que es un conjunto de medidas de prevención y control de impactos,

- Plan de Monitoreo, el cual debe contener pautas, criterios y actividades para verificar al PGA.
- Plan de contingencia, en el cual se establecen los instrumentos de decisión en caso de presentarse eventos no deseados.

Conforme se va desarrollando el proyecto y ejecutando, desde su etapa de pre-factibilidad (en este momento se debe realizar un diagnóstico para trazar la línea de base ambiental), anteproyecto, diseño preliminar, diseño en detalle, hasta la construcción y mantenimiento, en todas las etapas debe sincronizarse con los Estudios Ambientales.

4.3.1. Concepto Screening

Permite definir los aspectos ambientales que deben ser evaluados en el proyecto.

- Se define la escala y tipo de proyecto
- Se identifican los componentes valiosos del ecosistema (CVE)
- Se establece la naturaleza de los potenciales impactos del medio sobre el proyecto y medio receptor.

Se debe evaluar las condiciones ambientales del terreno destinado a la ubicación del proyecto, lo cual permite identificar la sensibilidad, resiliencia y tendencias de la zona, realizadas para el medio biofísico y socioeconómico. Se identifican los impactos significativos del medio receptor sobre el proyecto y viceversa, y se compara con la línea de base ambiental. De este modo se determinan los riesgos, vulnerabilidades y amenazas de factores naturales, tecnológicos y antrópicos. Para ello se analiza:

- Geología y geomorfología: modificaciones de relieve, efectos de sedimentación, erosión, afectaciones del paisaje.
- Suelo: condiciones de estabilidad y procesos de degradación
- Hidráulica fluvial y escorrentías pluviales: incidencia sobre la estabilidad de las obras
- Contaminación ambiental: presencia actual de contaminantes en suelo, aguas subterráneas y su incremento.
- Aspectos socioeconómicos: cambios demográficos, en el uso de la tierra, generación de empleo, servicios públicos e infraestructura, entre otros.
- Relaciones regionales y ordenamiento territorial.

4.3.2. Concepto Scroping

Se utiliza para definir el alcance que determina los puntos clave para examinar la evaluación.

- Se definen límites geográficos
- Se definen limitaciones temporales
- Se identifican técnicas y recursos humanos para desarrollar el proyecto.

4.3.3. El método PROGNO II mediante matrices semi-cuantitativas.

Las Matrices de Impacto conforman una estructura abierta y dinámica que se ajusta a las necesidades del evaluador y del objeto evaluado. Representa una metodología ampliamente utilizada en etapas de Proyectos y construcción de obras.

La Matriz Causa-Efecto utilizada consiste en una tabla de doble entrada compuesta por columnas y filas según se muestra en la figura 4.2, donde:

- En las columnas, se colocan las acciones que se desarrollarán durante la construcción u operación de las obras, de modo que cada acción analizada configura una fila en la matriz.
- En las filas, se colocan los distintos componentes del Medio Receptor, agrupados en ítems específicos factibles de ser impactados, originando una serie de columnas

IMPACTOS SOBRE	COMPONENTES DEL MEDIO RECEPTOR IMPACTADOS				
ACCIONES					
	+1CSEKAN				
		-1PSEBFY			
			X-----Y		

Figura 4.2: Matriz de impacto tipo
(Fuente: Kaczan, 2009)

En las celdas de intersección de cada fila con las columnas, se realiza la valoración y caracterización de cada impacto, con la utilización de criterios y pesos diferentes.

Para la descripción del impacto en cada casillero de la matriz aplicada se utiliza el conjunto de rangos y símbolos descriptos en tabla 4.4, ordenados en una secuencia igual al orden con que serán colocados en cada casillero de la matriz.

En los casos en que la acción analizada no genere efectos, los casilleros que reflejen esta situación, serán identificados mediante ocho puntos consecutivos: (.....).

En anexo III se presenta la matriz completa para el análisis del proyecto de pavimentos y microdrenaje urbano de Las Palmeras.

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.

Ítems de evaluación:

- Acciones de Movilización de obra
- Acciones que se desarrollarán durante la Construcción de obra
- Demandas inducidas por el Proyecto
- Aplicación de medidas estructurales y no estructurales preventivas y de mitigación. Incluye el reacondicionamiento de los sitios afectados por la obra.

El desarrollo de dichas acciones enunciadas en el cabezal vertical, generan impactos sobre los siguientes componentes del medio receptor.

- Medio socioeconómico: aspectos sociales, económicos, espaciales, legales e institucionales, higiene y seguridad, infraestructura, equipamiento y servicios.

Medio biofísico: factores abióticos (aspectos geofísicos) y factores bióticos (flora y fauna).

Una vez ponderados cada uno de los impactos generados por las acciones, durante las distintas etapas, y para facilitar la lectura de los resultados, se expresan los resultados en forma porcentual en una tabla resumen. Tanto los impactos positivos como los negativos, se discriminan en función de sus características:

- Importancia

- Probabilidad o riesgo de ocurrencia
- Duración
- Término de ocurrencia
- Reversibilidad
- Extensión areal

Tabla 4.4: Valores matriz método Prognos II
(Fuente: Kaczan, 2009)

<i>DISCRIMINACIÓN DE LOS IMPACTOS SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS</i>		
ORDEN SECUENCIAL EN EL CASILLERO DE LA MATRIZ	CARACTERÍSTICA DEL IMPACTO	SÍMBOLO UTILIZADO EN LA MATRIZ
1	<i>SIGNO</i>	(+) - Positivo (-) - Negativo (X) - Probable, pero difícil de calificar en esta etapa (.....) - No considerado en la evaluación
2	<i>IMPORTANCIA</i>	(1) - Menor (2) - Mediana (3) - Mayor
3	<i>PROBABILIDAD O RIESGO DE OCURRENCIA</i>	(C) - Cierta (P) - Posible
4	<i>DURACIÓN</i>	(T) - Temporaria (V) - Recurrente (S) - Permanente
5	<i>TÉRMINO DE OCURRENCIA</i>	(E) - Inmediato (M) - Mediato (L) - A largo plazo
6	<i>REVERSIBILIDAD</i>	(B) - Reversible a corto plazo (D) - Reversible a mediano plazo (H) - Reversible a largo plazo (I) - Irreversible (K) - No considerado
7	<i>EXTENSIÓN AREAL</i>	(F) - Focalizada (A) - Local (R) - Regional (G) - Global
8	<i>NECESIDAD DE MONITOREAR LOS EFECTOS CONSIDERADOS</i>	(Y) - Si (N) - No

CAPÍTULO 5

CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

5.1. CÓMPUTOS

A partir de los planos de proyecto y de las definiciones tanto geométricas como estructurales, se desarrollaron las planillas de cómputo de pavimentos y desagües pluviales, ubicadas en el Anexo IV.

Se detallan algunas consideraciones tenidas en cuenta en el cómputo:

- Excavación de caja: se computó profundidad hasta nivel de subrasante en calles comunes 0,15 m y en calles de tránsito pesado 0,35 m.
- Saneamiento y terraplén hasta nivel de subrasante: el volumen estimado surgió de considerar la superficie de subrasante por un espesor de 0,10 m, con el fin de corregir los niveles de cota proyectados y tener un volumen remanente para zonas con suelos no aptos, ejemplo caso de cunetas existentes.
- Tanto para bocas de tormenta, como sumideros interceptores de trinchera, cámaras de desvío, cámaras de cruce y cabezales de entubados de salidas, se consideró construcción con tabiques de hormigón, platea y tapas correspondientes.
- En tanto, los entubados proyectados corresponden al tipo IRAM 11.503 Clase II, cuya tapada mínima es 0,60 m.

5.2 ANÁLISIS DE PRECIOS

Para cada uno de los ítems se realizó el análisis de costos con mes base "febrero de 2022". Se tuvo en cuenta el desglose de materiales, mano de obra y equipos y el correspondiente coeficiente de resumen.

5.3 COEFICIENTE DE RESUMEN

Dado que el valor final de la obra depende de las condiciones de la licitación, se estimó un valor de 1,60 como coeficiente de resumen, teniendo en cuenta los siguientes conceptos:

- Gastos generales e indirectos 15%
- Beneficios 10%
- Financieros 5%
- IVA 21%

5.4 PRESUPUESTO

Como se puede observar en el anexo IV-1, el valor del presupuesto asciende a \$874.761.112,79. La mayor incidencia corresponde al ítem pavimentos con 60,98%, mientras que para desagües pluviales alcanza el 32,16%. El resto comprende las ítems de seguridad e higiene, plan de gestión ambiental y aportes profesionales.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

A partir del análisis de la planialtimetría de la localidad, de las condiciones de contorno a nivel hidráulico y topográfico, así como de la disponibilidad de materiales en la región, se determinó como alternativa factible de ejecución el proyecto de pavimentos de hormigón simple y los elementos constitutivos de la red de desagües pluviales: acequias, bocas de tormentas, red de entubados premoldeados y de H°A°.

Dado que la defensa perimetral se encuentra en coincidencia con las calles que delimitan la localidad, se planteó una única pendiente transversal con escurrimiento hacia las cunetas externas a dicha defensa. Por otra parte, se proyectó sección transversal con gálibo de 2% para las calles que componen la trama urbana.

Las calles que actualmente cuentan con pavimento o cordón cuneta, se evaluaron para su conservación. Sólo cuando el estado de la calzada no resultó adecuado o en la altimetría no permitió el direccionamiento del flujo pluvial, se planteó su demolición y correspondiente construcción.

Como conclusión, se indica que las secciones obtenidas tanto de paquetes estructurales como de entubados presentan valores razonables y llevan a una solución factible desde el punto de vista económico. Por otro lado, se verificó mediante la matriz del método Prognos II que el impacto ambiental positivo predomina por sobre los efectos negativos.

Mediante el trabajo desarrollado, queda presentado y verificado el proyecto con el correspondiente cómputo y presupuesto de tareas. De esta manera, se establece un antecedente para el caso de que la Comuna de Las Palmeras decida avanzar con un proceso licitatorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bazant, J. (1984). *Manual de Criterios de Diseño Urbano*. México, D.F., México: Trillas.
- Boidi, M. (2003). *Aspectos hidrogeológicos urbanos y sanitarios en la ciudad de Rafaela*. Secretaría de obras públicas y privadas de la municipalidad de Rafaela.
- *Boletín Agrometeorológico Mensual INTA Rafaela: Listado de informes mensuales*. [Archivo de datos]. Rafaela, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación experimental agropecuaria Rafaela. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/documentos/boletin-agrometeorologico-mensual-inta-rafaela-listado-de-informes-mensuales>
- *Boletín oficial de la provincia de Santa Fe - Ley N° 11.717. Decreto N° 0101/03*. Santa Fe, 14 de marzo de 2004. Recuperado de: <https://www.santafe.gov.ar/normativa/item.php?id=75160&cod=0235349b221e9b3efc11a0ea9909f28a>
- Calo, D. y Polzinetti, M. (2016). *Manual de pavimentos urbanos de hormigón*. Buenos Aires, Argentina: Instituto del Cemento Portland Argentino.
- Calo, D., Souza E. y Marcolini, E. (2014). *Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón*. Buenos Aires, Argentina: Instituto del Cemento Portland Argentino.
- Dirección Nacional de Vialidad. Ministerio de Transporte (1998). *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales: Publicación 101/102*. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/dnv_petg_1998_0.pdf
- Dirección Nacional de Vialidad. Ministerio de Transporte (2017). *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales Para Pavimentos de Hormigón*. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/dnv_petg_hormigon.pdf
- Dirección Nacional de Vialidad. Ministerio de Transporte (2017). *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales Para Concretos Asfálticos En Caliente y Semicaliente Del Tipo Densos*. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/petg_1.pdf
- Dirección Provincial de Obras de la Subsecretaría de Infraestructura del Ministerio de Asuntos Hídricos de la Provincia de Santa Fe. (2004). Plano conforme a obra: Defensa contra las inundaciones localidad de Las Palmeras.
- Environmental Protection Agency (2005). *SWMM (version 5.0) [Modelo de Gestión de Aguas Pluviales]*. Estados Unidos: Laboratorio Nacional de Investigación en Gestión de Riesgos
- Escario, J. L. (1943). *Caminos*. Madrid, España: Escuela especial de ingenieros de caminos, canales y puertos.
- Ferreira, G. (2007). *Índice de priorización de localidades con riesgo hídrico en la provincia de Santa Fe. Caso: cuenca del arroyo Cululú*. Disertación no publicada, IV Jornadas de Saneamiento Pluvial Urbano. Rosario, Argentina.
- Fundación Cema. Economía circular (11 de diciembre de 2022). Recuperado de: <https://www.fundacioncema.org/sostenibilidad/>

- Gimenez, J. C., Bergman, A., Devoto, G. y Picasso, J. (2003). *Manual Para El Diseño de Planes Maestros Para La Mejora de La Infraestructura y La Gestión Del Drenaje Urbano*. Recuperado de: <https://www.minfra.gba.gov.ar/web/Compartida/ManualdeDrenajeUrbano.pdf>
- Gomez Valentín, M. (2007). *Hidrología urbana*. Barcelona, España: Flumen.
- Google Maps. Las Palmeras (11 de diciembre de 2022). Recuperado de: <https://www.google.com/maps/place/Las+Palmeras,+Santa+Fe/@-30.6306602,-61.6300717,16z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9435723731678519:0xc816e939dd463ae3!8m2!3d-30.6309902!4d-61.6267781>
- Kaczan, L. (2009). *Evaluación de impacto ambiental (EIA)*. Manuscrito no publicado, Dirección de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina.
- Martínez Soto, A. y Hernández, S. (1999). *Catálogo de Impactos Ambientales Generados Por Las Carreteras y Sus Medidas de Mitigación*. Recuperado de: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt133.pdf>
- Ministerio de Infraestructura y Transporte de la Provincia de Santa Fe. (2018). *Pliego de especificaciones técnicas generales: Calzadas de hormigón de cemento Pórtland*.
- Oficemen (2018). *Hoja de Ruta de La Industria Cementera Española Para Alcanzar La Neutralidad Climática En 2050*. Recuperado de: <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2020/12/Hoja-de-ruta-del-cemento-neutralidad-clim%C3%A1tica-en-2050.pdf>
- Oficemen. Economía circular (11 de diciembre de 2022). Recuperado de: <https://www.oficemen.com/sostenibilidad/economia-circular/>
- Rosetti, R. (2014). *Método AASHTO 1993*. Manuscrito no publicado, Departamento de Ingeniería Civil de Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela, Rafaela, Argentina.
- Wikipedia. Las Palmeras (11 de diciembre de 2022). Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Las_Palmeras_\(Argentina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Las_Palmeras_(Argentina))

ANEXOS

ANEXO I: MEMORIAS DE CÁLCULO DE PAQUETES ESTRUCTURALES

Anexo I-1: PAVIMENTO DE HORMIGÓN SIMPLE CON CORDÓN

Anexo I-2: PAVIMENTO ASFÁLTICO CON CORDÓN CUNETA

Anexo I-3: DISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL URBANA – MÉTODO RACIONAL

Tabla I.1.1: Valores de k combinado subrasante- base no tratada
(Fuente: Calo y Polzinetti, 2016)

Esesor de la base → k subrasante [MPa/m] ↓	100 mm	150 mm	225 mm	300 mm
20	23	26	32	38
40	45	49	57	66
60	64	66	76	90
80	87	90	100	117

4. Resistencia media a flexión del hormigón a 28 días (MR)

El módulo de rotura (MR) es el parámetro resistente que interesa en pavimentos de hormigón, debido a que se encuentran solicitados a flexión. La calidad del hormigón a utilizar debe asegurar la durabilidad durante el periodo de servicio. Considerando la exposición a la abrasión del tránsito, para conservar las características de fricción, se sugiere el empleo de pavimentos de calidad H-30. A partir de la siguiente fórmula se obtiene el valor del MR.

$$MR (MPa) = K \sqrt{f'_{cm}(MPa)} \quad \text{(Ecuación I.1.1)}$$

Se adoptó el valor K= 0,8 para agregados triturados y se consideró uso de hormigón de calidad H-30 ($f'_{cm} = 35$ MPa), resultando un MR igual a 4,73 MPa.

5. Tipo de transferencia de carga en juntas (uso o no de pasadores)

Según el Calo y Polzinetti (2016), es recomendable la incorporación de pasadores para un volumen de tránsito mayor a 100 vehículos pesados por día. Es muy poco probable que dicho volumen se supere en la localidad de Las Palmeras, por lo que se descartó esta opción en las juntas.

6. Condición de soporte en bordes (tipo de banquina o cordón)

Por tratarse de pavimento urbano, se contempló la ejecución de cordón cuneta como borde.

7. Volumen de tránsito y distribución de cargas por eje

En cuanto a volumen de tránsito no se dispone de un relevamiento estadístico a partir del cual se pueda calcular el TMDA (Tránsito Medio Diario Anual). De todas formas, se estimó un volumen máximo de 20 camiones por día.

De acuerdo a lo estipulado en la “Ley Nacional de Tránsito” N° 24449, en el artículo 53 del capítulo de reglas para vehículos de transporte, las cargas máximas por eje no deben exceder los siguientes valores:

Por eje simple:

- Con ruedas individuales: 6 tn.
- Con rodado doble: 10,5 tn.

Por conjunto (tándem) doble de ejes:

- Con ruedas individuales: 10 tn.
- Ambos con rodado doble: 18 tn.

Por conjunto (tándem) triple de ejes con rodado doble: 25,5 tn.

En total para una formación normal de vehículos: 45 tn.; siempre que las configuraciones de vehículos estén debidamente reglamentadas.

Para camión acoplado o acoplado considerados individualmente: lo que resulte de su configuración de ejes, en configuraciones debidamente reglamentadas.

8. Factor de seguridad de carga (FSC)

Las cargas por eje previstas se mayoran, para resguardar el pavimento de posibles sobrecargas de tránsito. El FSC se adopta de acuerdo a la jerarquía del tipo de vía:

- Para arterias con moderado volumen de tránsito pesado, el FSC = 1,1. Este factor se consideró en este caso para calles de tránsito pesado.
- Para arterias con bajo volumen de tránsito y calles residenciales, el FSC = 1,0. Este factor se utilizó en este caso para calles comunes y arterias principales.

9. Procedimiento de verificación

Se debe proponer un espesor de losa, y calcular los daños por fatiga y erosión para las condiciones de proyecto.

a- Tránsito pesado

En este caso se propuso un espesor de 15 cm de hormigón sobre una base de suelo cal de 20 cm, tal como se observa en la figura I.1.2. Se calcularon los números de repeticiones admitidas por fatiga y por erosión y se compararon con los valores de repeticiones esperadas obtenidos.

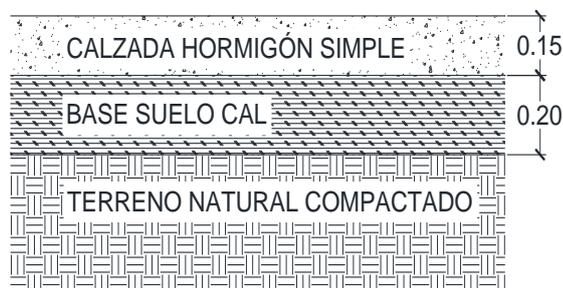


Figura I.1.2: Paquete estructural para calzada de hormigón en tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se muestran las tablas I.1.2 a I.1.4 y ábacos de figuras I.1.3 e I.1.4 utilizados para la verificación de las variables para el caso de las calles de tránsito pesado.

Tabla I.1.2: Variables de diseño para tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLES DE DISEÑO			
K	Módulo de reacción de la subrasante	35,00	MPa/m
E _b	Espesor de la base	0,20	m
k _{comb}	Módulo de reacción combinado	49,00	MPa/m
σ _b	Resistencia media a flexión del hormigón a 28 días.	35,00	MPa
	Uso de pasadores	No	
	Condición de borde	Cordón cuneta	
	Volumen de tránsito diario	20	Camiones

Tabla I.1.2: Variables de diseño para tránsito pesado (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia)

VERIFICACIÓN			
	Carga máxima por eje	6,00	Ton
	Factor de Seguridad de Carga (FSC)	1,10	
	Carga mayorada	6,60	Ton
	Volumen de tránsito diario (camiones por carril)	10	
	Ejes por camión	4	
	Período de diseño	10.950	días
	Total de repeticiones esperadas	438.000	
	Espesor propuesto de losa	15,00	cm
	Tensión equivalente	2,08	MPa
	Módulo de rotura	4,73	MPa
	Factor de relación de tensiones	0,44	
	Número de repeticiones permitidas por fatiga	infinito	Verifica
	Factor de erosión	2,93	
	Número de repeticiones permitidas por erosión	18.000.000	Verifica

Tabla I.1.3: Factor de erosión sin pasadores, para tránsito pesado
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Espesor de la losa (mm)	k subrasante-subbase (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	3,45 / 3,45 / 3,44	3,41 / 3,36 / 3,35	3,39 / 3,33 / 3,30	3,38 / 3,31 / 3,27	3,34 / 3,28 / 3,22	3,31 / 3,27 / 3,19
110	3,34 / 3,36 / 3,36	3,30 / 3,27 / 3,26	3,28 / 3,22 / 3,20	3,27 / 3,20 / 3,17	3,23 / 3,16 / 3,12	3,20 / 3,15 / 3,09
120	3,24 / 3,28 / 3,29	3,20 / 3,18 / 3,18	3,18 / 3,13 / 3,12	3,16 / 3,11 / 3,09	3,13 / 3,06 / 3,02	3,11 / 3,04 / 2,99
130	3,15 / 3,21 / 3,23	3,11 / 3,11 / 3,11	3,08 / 3,05 / 3,05	3,07 / 3,02 / 3,01	3,04 / 2,97 / 2,94	3,02 / 2,95 / 2,91
140	3,07 / 3,15 / 3,17	3,02 / 3,04 / 3,04	3,00 / 2,98 / 2,98	2,98 / 2,95 / 2,94	2,95 / 2,89 / 2,87	2,93 / 2,86 / 2,83
150	2,99 / 3,09 / 3,12	2,94 / 2,98 / 2,99	2,92 / 2,92 / 2,92	2,90 / 2,88 / 2,88	2,87 / 2,82 / 2,80	2,85 / 2,79 / 2,77
160	2,91 / 3,04 / 3,08	2,87 / 2,92 / 2,94	2,84 / 2,86 / 2,87	2,83 / 2,82 / 2,82	2,80 / 2,75 / 2,74	2,78 / 2,72 / 2,70
170	2,85 / 2,99 / 3,03	2,80 / 2,87 / 2,89	2,77 / 2,81 / 2,82	2,76 / 2,77 / 2,77	2,73 / 2,69 / 2,69	2,71 / 2,66 / 2,65
180	2,78 / 2,94 / 2,99	2,73 / 2,82 / 2,85	2,71 / 2,76 / 2,77	2,69 / 2,71 / 2,72	2,66 / 2,64 / 2,63	2,64 / 2,61 / 2,60
190	2,73 / 2,90 / 2,96	2,67 / 2,77 / 2,81	2,64 / 2,71 / 2,73	2,63 / 2,67 / 2,68	2,6 / 2,59 / 2,59	2,58 / 2,55 / 2,55
200	2,67 / 2,86 / 2,93	2,61 / 2,73 / 2,77	2,59 / 2,67 / 2,69	2,57 / 2,62 / 2,64	2,54 / 2,54 / 2,54	2,52 / 2,51 / 2,50
210	2,62 / 2,82 / 2,89	2,56 / 2,69 / 2,74	2,53 / 2,63 / 2,65	2,51 / 2,58 / 2,60	2,48 / 2,50 / 2,50	2,47 / 2,46 / 2,46

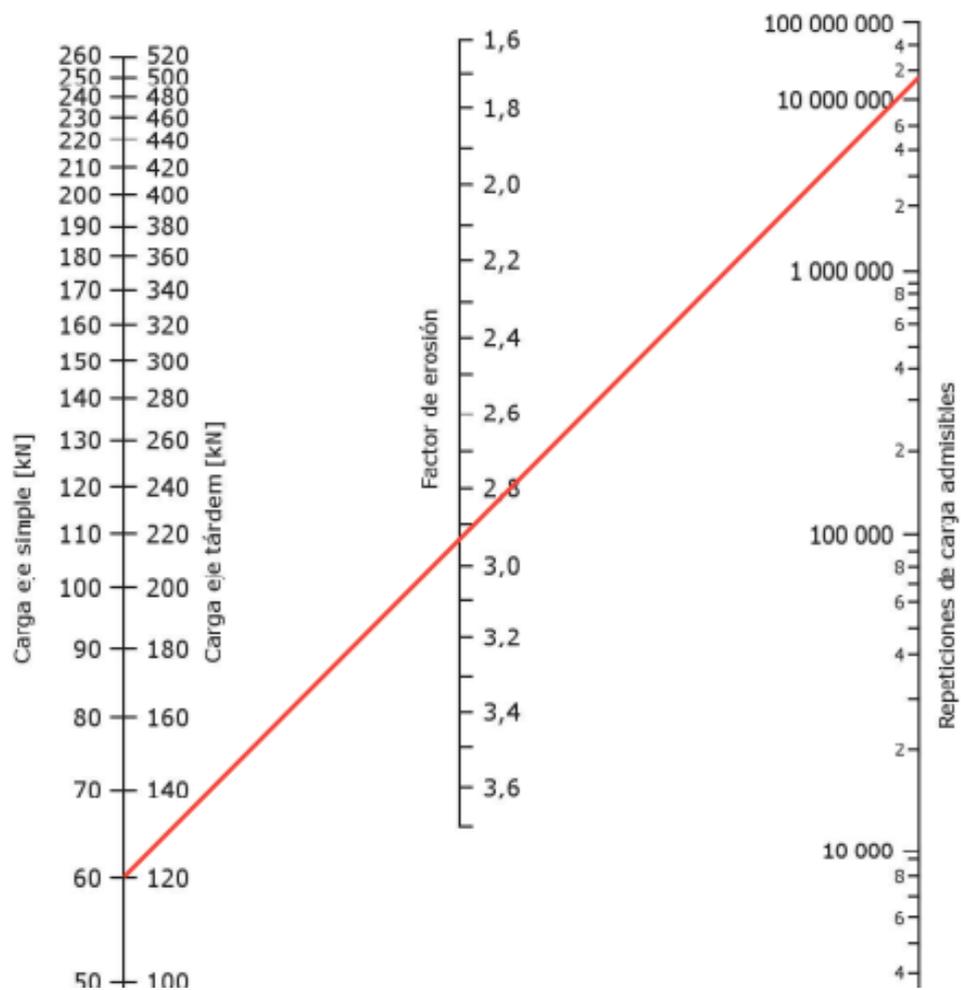


Figura I.1.3: Ábaco repeticiones de cargas admisibles por erosión tránsito pesado
(Fuente: Calo y otros, 2014)

Tabla I.1.4: Tensión equivalente para tránsito pesado
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Espesor de la losa (mm)	k subrasante-subbase (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	4,18 / 3,48 / 2,87	3,65 / 3,10 / 2,67	3,37 / 2,94 / 2,60	3,19 / 2,85 / 2,57	2,85 / 2,74 / 2,56	2,72 / 2,72 / 2,57
110	3,68 / 3,07 / 2,50	3,23 / 2,71 / 2,29	2,99 / 2,56 / 2,22	2,83 / 2,47 / 2,18	2,55 / 2,35 / 2,16	2,43 / 2,32 / 2,16
120	3,28 / 2,75 / 2,20	2,88 / 2,41 / 2,00	2,67 / 2,26 / 1,93	2,54 / 2,17 / 1,89	2,29 / 2,05 / 1,85	2,19 / 2,02 / 1,85
130	2,95 / 2,49 / 1,97	2,60 / 2,17 / 1,78	2,41 / 2,02 / 1,70	2,29 / 1,94 / 1,66	2,07 / 1,82 / 1,61	1,99 / 1,78 / 1,61
140	2,68 / 2,27 / 1,78	2,36 / 1,97 / 1,59	2,19 / 1,83 / 1,52	2,08 / 1,75 / 1,48	1,89 / 1,63 / 1,43	1,81 / 1,59 / 1,42
150	2,44 / 2,08 / 1,62	2,15 / 1,80 / 1,44	2,00 / 1,67 / 1,37	1,90 / 1,59 / 1,33	1,73 / 1,48 / 1,24	1,66 / 1,44 / 1,26
160	2,24 / 1,93 / 1,49	1,97 / 1,66 / 1,32	1,84 / 1,53 / 1,24	1,75 / 1,46 / 1,20	1,59 / 1,35 / 1,15	1,53 / 1,31 / 1,13
170	2,06 / 1,79 / 1,38	1,82 / 1,54 / 1,21	1,70 / 1,42 / 1,14	1,62 / 1,35 / 1,10	1,48 / 1,24 / 1,04	1,42 / 1,20 / 1,03

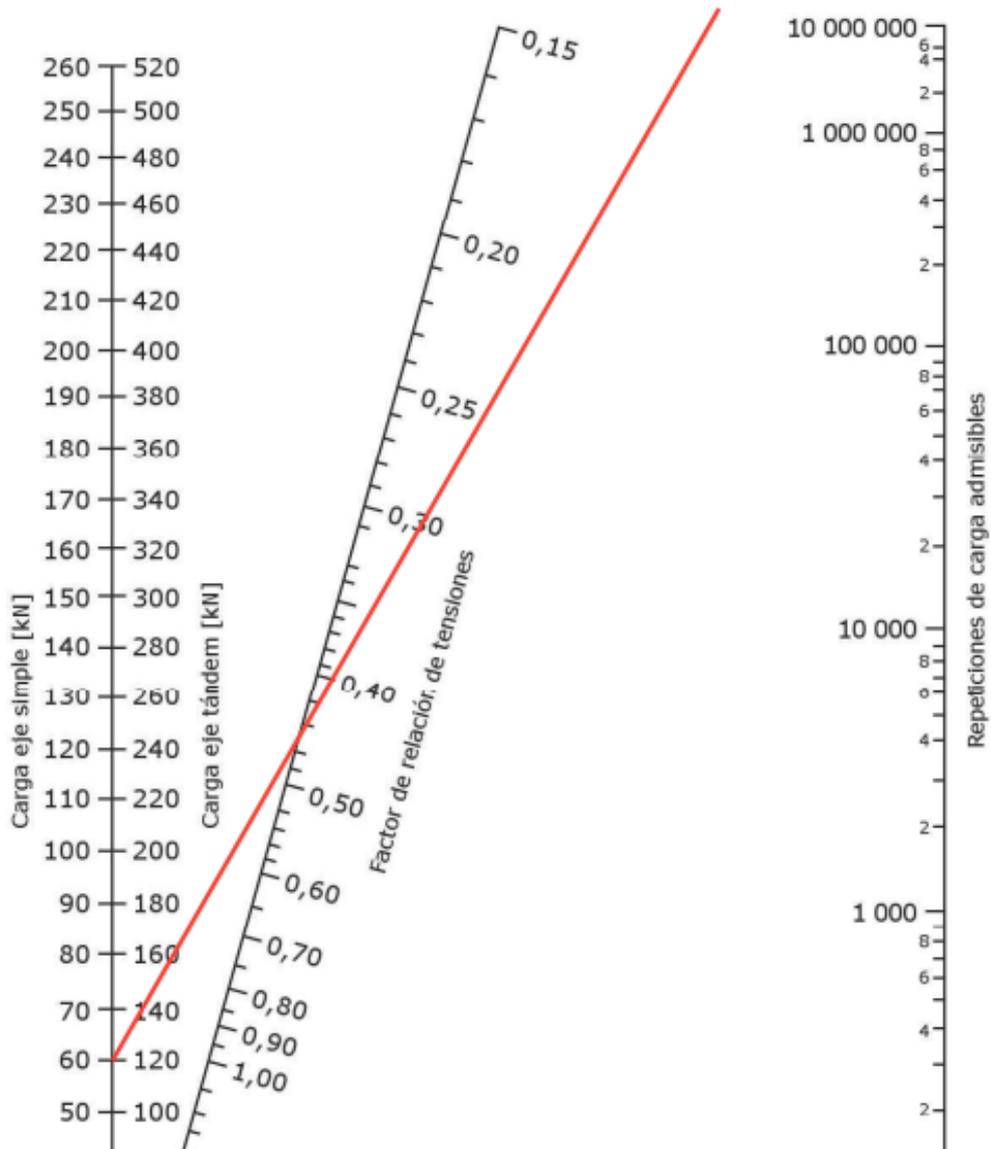


Figura I.1.4: Ábaco repeticiones de cargas admisibles por fatiga tránsito pesado
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

b- Arterias principales y calles comunes

El procedimiento de determinación del paquete estructural fue similar al utilizado para tránsito pesado, con la diferencia que en arterias principales y calles comunes no se contempló base, sino un buen trabajo de compactación de la subrasante.

De esta manera, se verifica el espesor de hormigón propuesto de 15 cm.

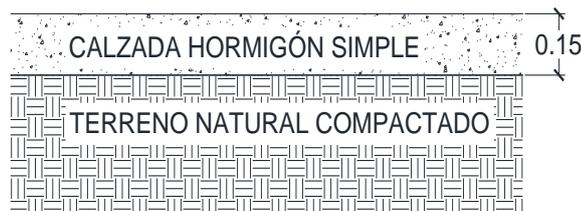


Figura I.1.5: Paquete estructural para calzada de hormigón en calles comunes
(Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se presentan las planillas de verificación (tablas I.1.5 a I.1.7) y ábacos (figuras I.1.6 e I.1.7), respecto a criterios de fatiga y erosión.

Tabla I.1.5: Variables de diseño para calles comunes
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLES DE DISEÑO			
K	Módulo de reacción de la subrasante	35,00	MPa/m
σ_b	Reistencia media a flexión del hormigón a 28 días.	35,00	MPa
	Uso de pasadores	No	
	Condición de borde	Cordón cuneta	
	Volumen de tránsito diario	20,00	Camiones
VERIFICACIÓN			
	Carga máxima por eje	6,00	Ton
	Factor de Seguridad de Carga (FSC)	1,00	
	Carga mayorada	6,00	Ton
	Volumen de tránsito diario (camiones por carril)	10	
	Ejes por camión	2	
	Período de diseño	10.950	días
	Total de repeticiones esperadas	219.000	
	Espesor propuesto de losa	15,00	cm
	Tensión equivalente	2,22	MPa
	Módulo de rotura	4,73	MPa
	Factor de relación de tensiones	0,47	
	Número de repeticiones permitidas por fatiga	infinito	Verifica
	Factor de erosión	2,95	
	Número de repeticiones permitidas por erosión	11.000.000	Verifica

Tabla I.1.6: Factor de erosión para calles comunes
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Espesor de la losa (mm)	k subrasante-subbase (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	3,45/3,45/3,44	3,41/3,36/3,35	3,39/3,33/3,30	3,38/3,31/3,27	3,34/3,28/3,22	3,31/3,27/3,19
110	3,34/3,36/3,36	3,30/3,27/3,26	3,28/3,22/3,20	3,27/3,20/3,17	3,23/3,16/3,12	3,20/3,15/3,09
120	3,24/3,28/3,29	3,20/3,18/3,18	3,18/3,13/3,12	3,16/3,11/3,09	3,13/3,06/3,02	3,11/3,04/2,99
130	3,15/3,21/3,23	3,11/3,11/3,11	3,08/3,05/3,05	3,07/3,02/3,01	3,04/2,97/2,94	3,02/2,95/2,91
140	3,07/3,15/3,17	3,02/3,04/3,04	3,00/2,98/2,98	2,98/2,95/2,94	2,95/2,89/2,87	2,93/2,86/2,83
150	2,99/3,09/3,12	2,94/2,98/2,99	2,92/2,92/2,92	2,90/2,88/2,88	2,87/2,82/2,80	2,85/2,79/2,77
160	2,91/3,04/3,08	2,87/2,92/2,94	2,84/2,86/2,87	2,83/2,82/2,82	2,80/2,75/2,74	2,78/2,72/2,70

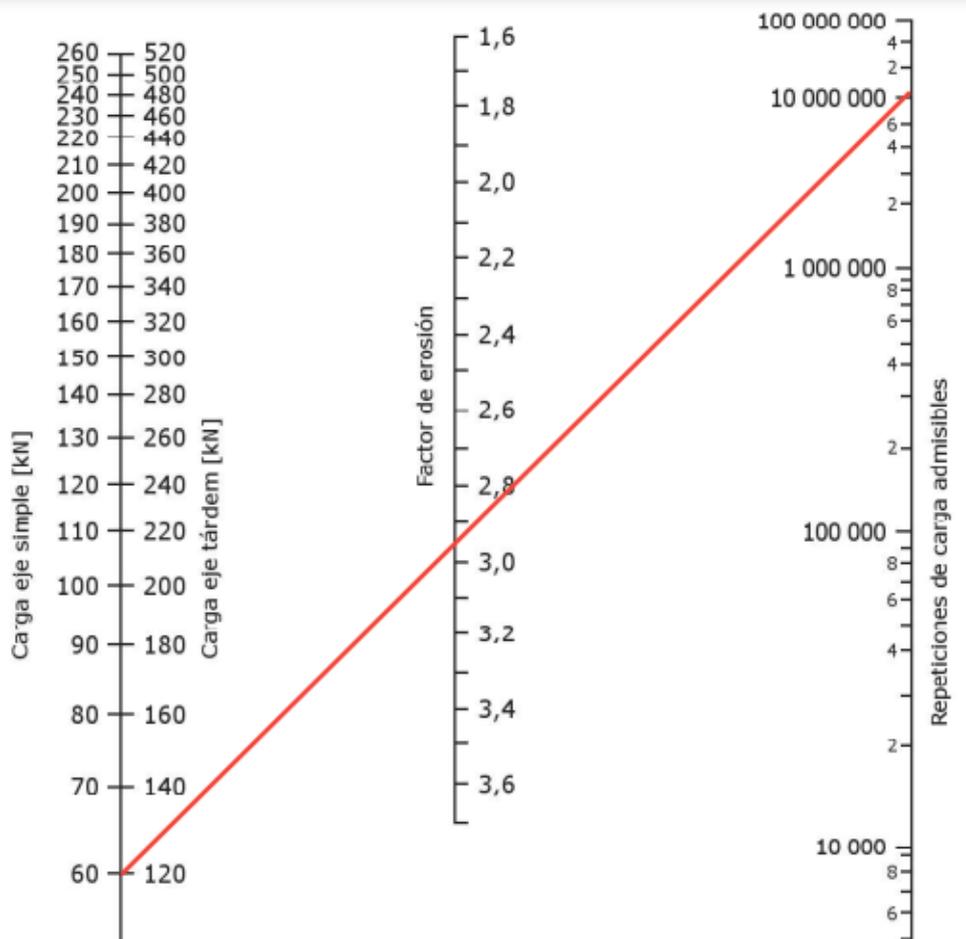


Figura I.1.6: Ábaco repetições de cargas admissíveis por erosão calles comunes
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Tabla I.1.7: Tensión equivalente para calles comunes
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

Espesor de la losa (mm)	k subrasante-subbase (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	4,18 / 3,48 / 2,87	3,65 / 3,10 / 2,67	3,37 / 2,94 / 2,60	3,19 / 2,85 / 2,57	2,85 / 2,74 / 2,56	2,72 / 2,72 / 2,57
110	3,68 / 3,07 / 2,50	3,23 / 2,71 / 2,29	2,99 / 2,56 / 2,22	2,83 / 2,47 / 2,18	2,55 / 2,35 / 2,16	2,43 / 2,32 / 2,16
120	3,28 / 2,75 / 2,20	2,88 / 2,41 / 2,00	2,67 / 2,26 / 1,93	2,54 / 2,17 / 1,89	2,29 / 2,05 / 1,85	2,19 / 2,02 / 1,85
130	2,95 / 2,49 / 1,97	2,60 / 2,17 / 1,78	2,41 / 2,02 / 1,70	2,29 / 1,94 / 1,66	2,07 / 1,82 / 1,61	1,99 / 1,78 / 1,61
140	2,68 / 2,27 / 1,78	2,36 / 1,97 / 1,59	2,19 / 1,83 / 1,52	2,08 / 1,75 / 1,48	1,89 / 1,63 / 1,43	1,81 / 1,59 / 1,42
150	2,44 / 2,08 / 1,62	2,15 / 1,80 / 1,44	2,00 / 1,67 / 1,37	1,90 / 1,59 / 1,33	1,73 / 1,48 / 1,24	1,66 / 1,44 / 1,26
160	2,24 / 1,93 / 1,49	1,97 / 1,66 / 1,32	1,84 / 1,53 / 1,24	1,75 / 1,46 / 1,20	1,59 / 1,35 / 1,15	1,53 / 1,31 / 1,13
170	2,06 / 1,79 / 1,38	1,82 / 1,54 / 1,21	1,70 / 1,42 / 1,14	1,62 / 1,35 / 1,10	1,48 / 1,24 / 1,04	1,42 / 1,20 / 1,03
180	1,91 / 1,67 / 1,28	1,69 / 1,43 / 1,12	1,57 / 1,32 / 1,05	1,50 / 1,25 / 1,01	1,37 / 1,15 / 0,96	1,32 / 1,11 / 0,94

ANEXO I-1: PAVIMENTO DE HORMIGÓN SIMPLE CON CORDÓN

1. MEMORIA DE CÁLCULO - MÉTODO PCA-1984

2. Módulo de reacción de la subrasante (k)

Para el tipo de suelo ensayado de la localidad de Las Palmeras, el valor de soporte relativo CBR obtenido fue de 4%, por lo tanto, el módulo de reacción de la subrasante (k) es de 35 MPa/m, como se observa en la figura I.1.1.

Su valor se puede determinar a partir del gráfico siguiente:

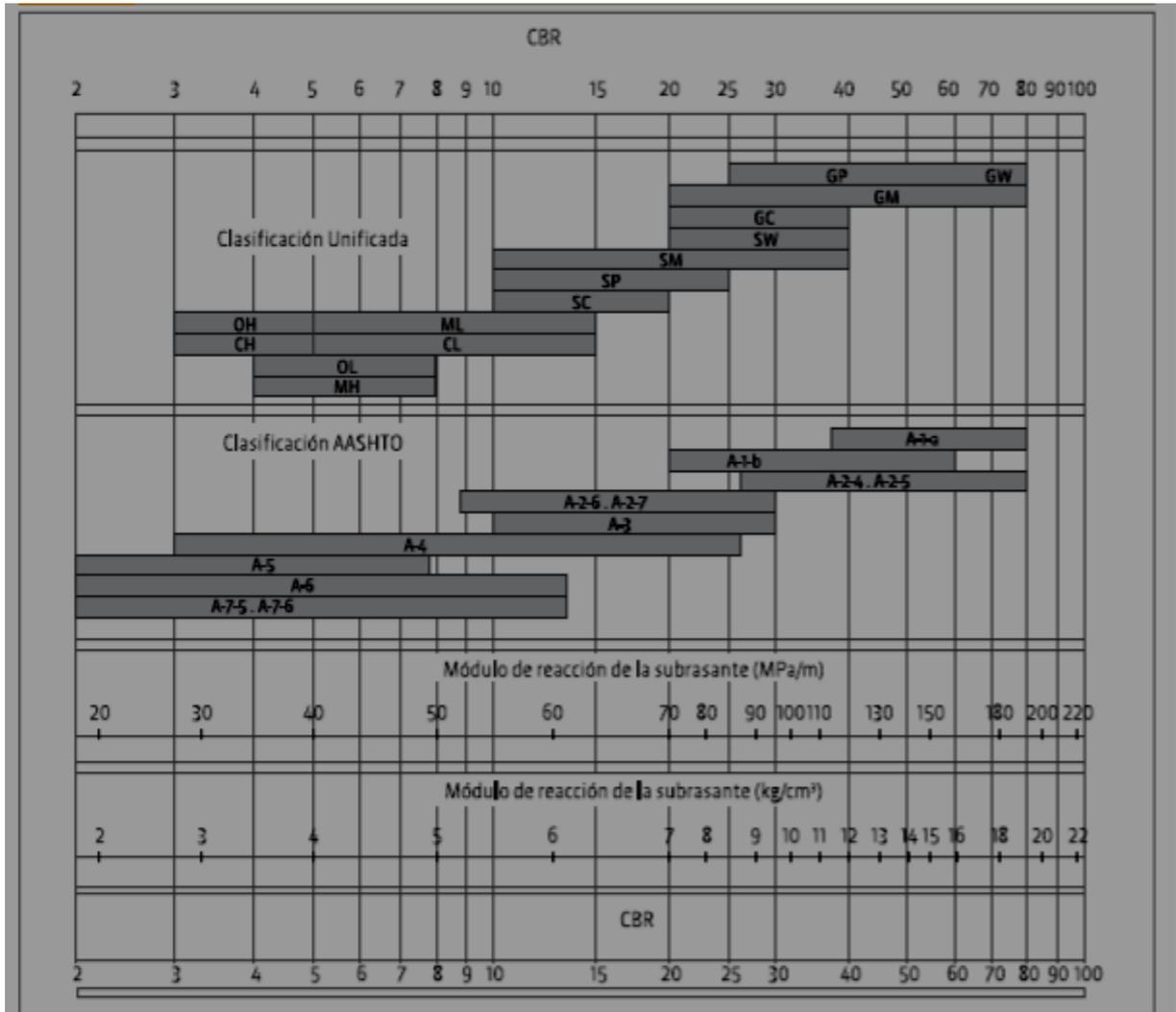


Figura I.1.1: Correlación CBR-módulo de reacción subrasante
(Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

3. Módulo de reacción combinado subrasante-base (kcomb)

Este valor se obtiene mediante tablas publicadas por el ICPA. Para este caso se empleó la Tabla I.1.1, correspondiente a bases no tratadas con cemento.

Para el módulo de reacción de la subrasante obtenido $k = 35 \text{ MPa/m}$ y considerando un espesor de base de 20 cm, el valor k combinado interpolado fue de 49 MPa/m.

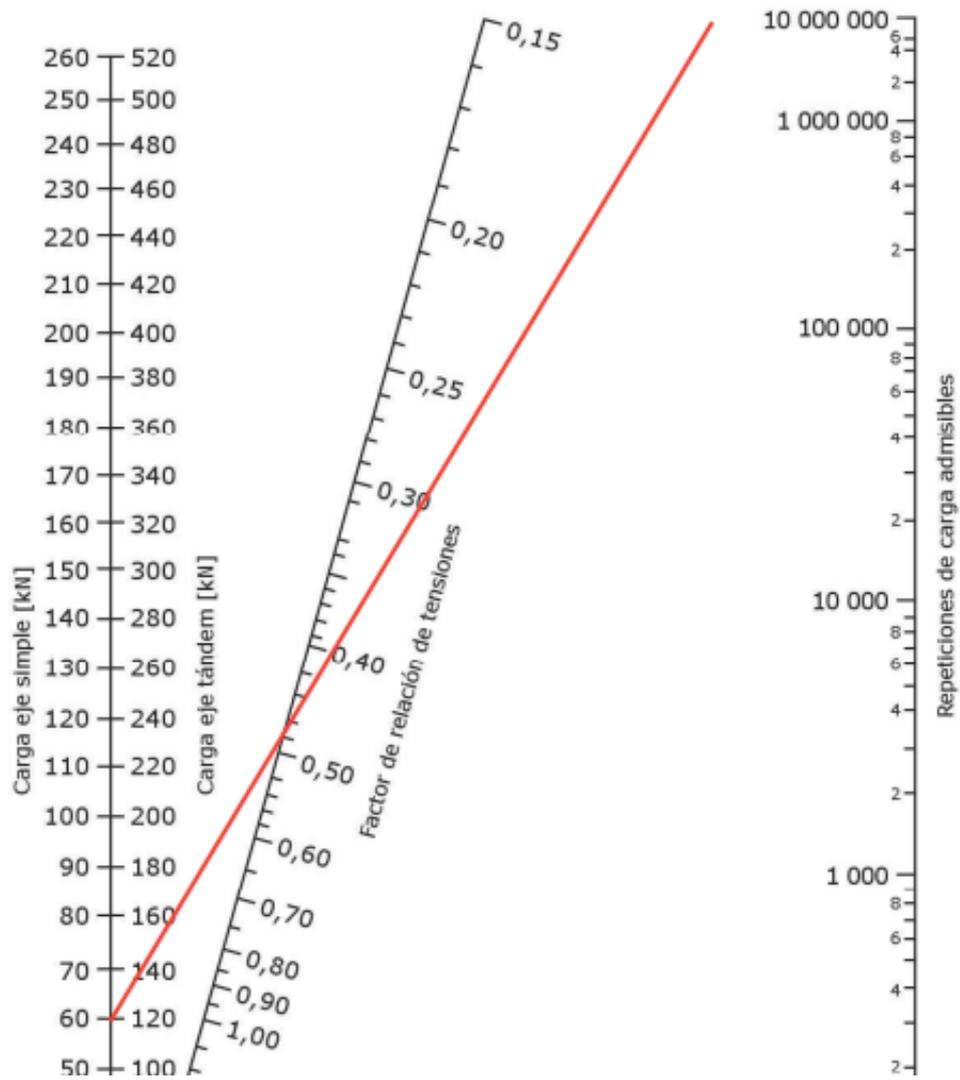


Figura I.1.7: Ábaco repeticiones de cargas admisibles por fatiga calles comunes (Fuente: Calo, Souza y Marcolini, 2014)

ANEXO I-2: PAVIMENTO ASFÁLTICO CON CORDÓN

2. MEMORIA DE CÁLCULO - MÉTODO AASTHO '93

2.1. Fórmula de diseño

2.1.1. Numero estructural indicativo del espesor total del pavimento SN

La ecuación I.2.1 expresa el camino de determinación de capas de pavimento flexible y sus respectivos aportes a la resistencia del paquete estructural. La figura I.2.1 ilustra el concepto del método utilizado.

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \quad (\text{Ecuación I.2.1})$$

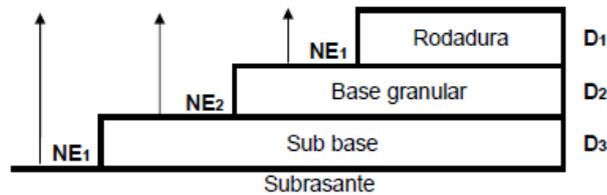


Figura I.2.1: Composición del número estructural del paquete
(Fuente: Rosetti, 2014)

2.1.2. Nivel de confiabilidad "R":

Parámetro que depende de la categoría de la vía y es inverso a la probabilidad de falla. Lleva asociado un valor corrección (Z_r), y ambos se determinan según tabla I.2.1

Tabla I.2.1: Parámetros R y Z_r de acuerdo al tipo de carretera
(Fuente: Rosetti, 2014)

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Z_r	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

2.1.3. Error normal combinado S^o

Error por combinación de diseño de materiales y de subrasante, variación de tránsito y condiciones ambientales. Se determina según tabla I.2.2.

Tabla I.2.2: Error combinado "So" según tipo de pavimento
(Fuente: Rosetti, 2014)

Proyecto de pavimento	S_o	
	Flexible	Rígido
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

2.1.4. Serviciabilidad

Índice de servicio de la vía respecto al usuario. Número entre 0 y 5 según tabla I.2.3.

Tabla I.2.3: Calificación según índice de servicialidad
(Fuente: Rosetti, 2014)

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
0 - 1	Muy Mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy Buena

$$\Delta PSI = P_0 - P_f$$

Donde:

ΔPSI : Índice de servicio.

P_0 : Serviciabilidad inicial.

P_f : Serviciabilidad final.

(Ecuación I.2.2)

Servicialidad inicial es de 4 a 4.2 y la servicialidad ideal final de 2 a 2.5 según tabla I.2.4.

Tabla I.2.4: Valores de servicialidad final según tipo de vía
(Fuente: Rosetti, 2014)

Tipo de vía	Serviciabilidad final
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano industrial	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0

2.1.5. Módulo resiliente de la subrasante

$$Mr = 1500 \times CBR$$

(Ecuación I.2.3)

Para $CBR < 10$ (AASHTO '93), obteniendo el resultado en psi (libras por pulgada cuadrada).

2.1.6. Módulo resiliente de la base

Se toma como hipótesis de proyecto que la base granular debe cumplir con un valor CBR de 100%, por lo tanto el módulo resiliente de esta capa (Mr_2) será de 30.000 psi, y el coeficiente estructural "a₂" de la base granular será 0,14, según figura I.2.2.

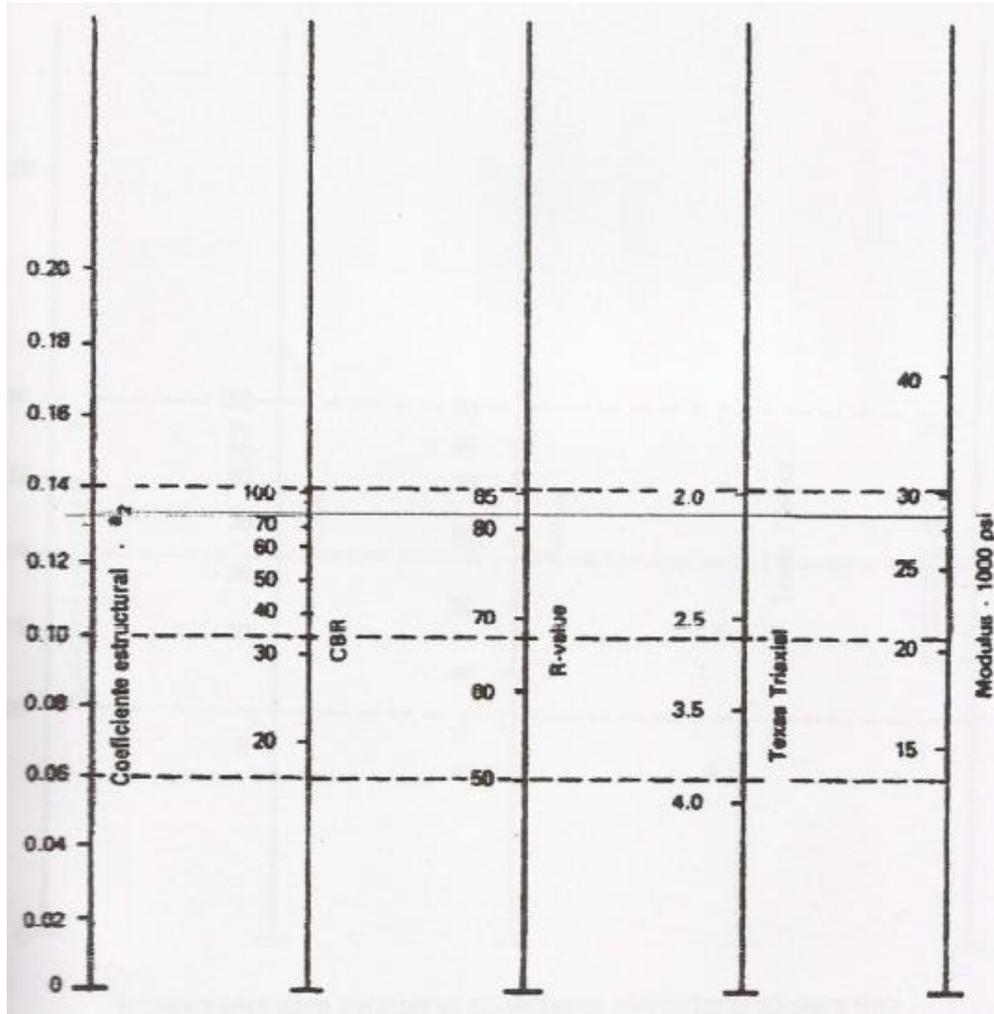


Figura I.2.2: Nomograma para estimar coeficiente a_2 de base granular
(Fuente: Rosetti, 2014)

2.1.7. Módulo resiliente capa asfáltica

Coeficiente estructural de capa asfáltica: se caracteriza por el modulo resiliente, el cual depende de la frecuencia de carga (hertz) y la temperatura de la mezcla.

$$f = \frac{v}{2\pi}$$

(Ecuación I.2.4)

$$T_s = (-0.0093 \cdot T_a^2 + 1.569 \cdot T_a - 1.578)(-0.084 \cdot \ln h_s + 1.55)$$

(Ecuación I.2.5)

Donde:

- f : Frecuencia de aplicación de carga.
- v : Velocidad de operación de vehículos, en km/h.
- T_s : Temperatura efectiva de la capa asfáltica, en °C.
- T_a : Temperatura media del aire, en °C.
- h_s : Espesor de la capa asfáltica, en mm.

Con el valor de T_s se encuentra E_1 o Mr_1 (en MPa) en la figura I.2.3. Es necesario convertir las unidades de dicho valor (en psi) para hallar en la Figura I.2.4 el coeficiente a_1 .

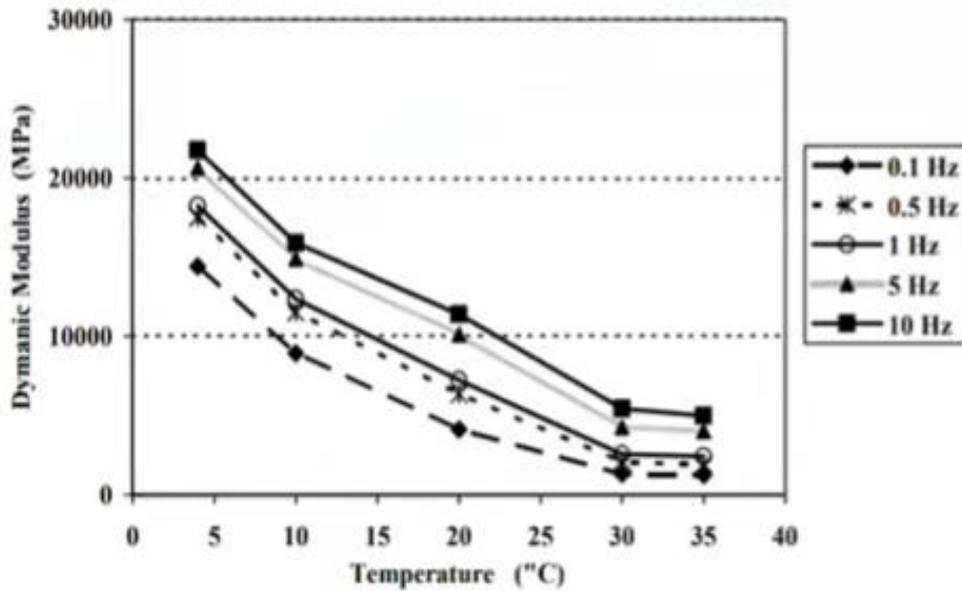


Figura I.2.3: Módulo dinámico "E1"
(Fuente: Rosetti, 2014)

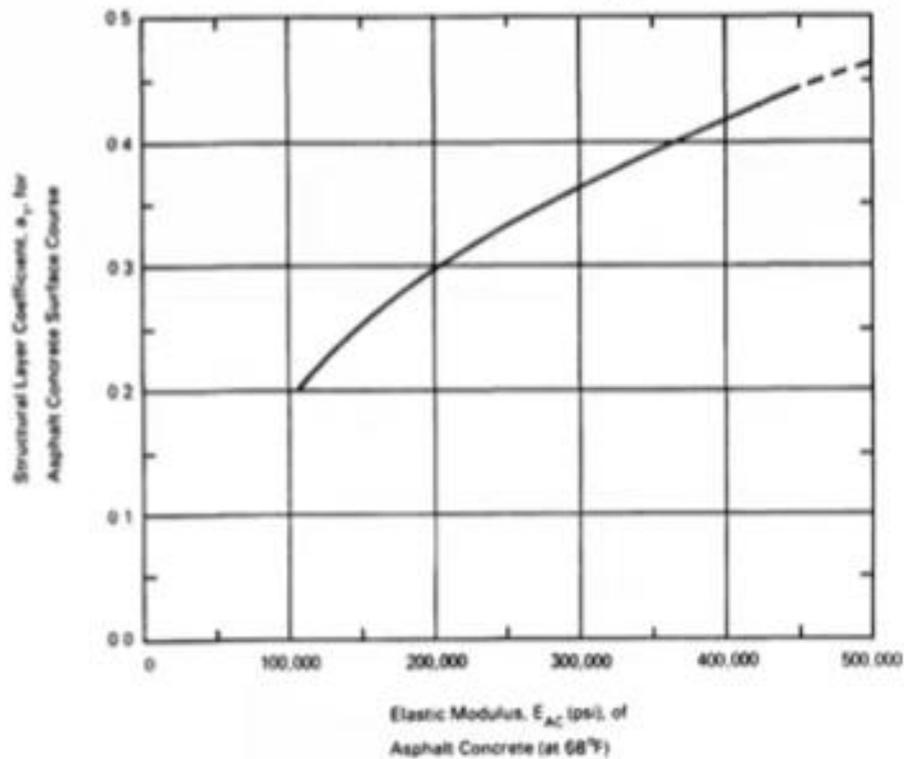


Figura I.2.4: Coeficiente " a_1 "
(Fuente: Rosetti, 2014)

La curva de determinación del coeficiente estructural responde a la ecuación I.2.6.

$$a_1 = 0.184 \times \ln(E_1) - 1.9547 \quad \text{(Ecuación I.2.6)}$$

2.1.8. Coeficiente de drenaje (m_i)

Este valor se obtiene de la tabla I.2.5.

Tabla I.2.5: Valor " m " de corrección de coeficientes " a "
(Fuente: Rosetti, 2014)

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mas del 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 malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Valores de m para corregir los coeficientes estructurales de bases y sub-bases granulares

2.1.9. Verificación del paquete estructural adoptado

Mediante ecuación I.2.7 debe verificarse que la resistencia del paquete estructural supere la requerida por la variable de tránsito W_{18} y cumpla con los valores mínimos de tabla I.2.6.

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_0 + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)} \right] + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07$$

(Ecuación I.2.7)

Donde:

- W_{18} : Número de aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño.
- Z_r : Parámetro estadístico asociado a la incertidumbre del índice de servicio.
- S_0 : Desviación estándar total de la distribución normal de errores en variables de diseño.
- SN_i : Número estructural de la capa i .
- ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
- M_r : Módulo resiliente, en psi.

Variable de tránsito (W_{18}): Ejes equivalente de 80Kn.

Tabla I.2.6: Espesores mínimos recomendados
(Fuente: Rosetti, 2014)

W_{18} (10^6)	Espesores mínimos en pulgadas	
	Capa asfáltica	Base granular
<0.05	-	4.0
0.05 - 0.15	2.0	4.0
0.15 - 0.50	2.5	4.0
0.50 - 2.00	3.0	6.0
2.00 - 7.00	3.5	6.0
>7.00	4.0	6.0

2.2. Dimensionamiento

2.2.1. Paquete estructural para tránsito pesado

El esquema de paquete estructural adoptado se indica en la Figura I.2.5.

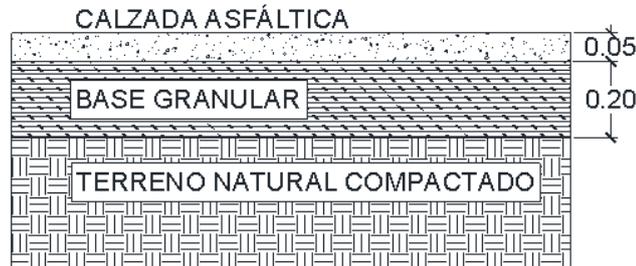


Figura I.2.5: Paquete estructural para calzada asfáltica en tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla I.2.7 se indican los parámetros considerados para la verificación.

Tabla I.2.7: Parámetros de cálculo para tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

	Parámetro	Cantidad	Unidad
A	Volumen de tránsito diario	20	camiones
B	Carga máxima por eje	6,00	toneladas
C	Cantidad de ejes por camión	4	ejes
D	Período de diseño	5.475	días
E	Total de repeticiones esperadas vida útil	438.000	ejes 6 ton
F	Ejes equivalentes 80 KN (8,2 ton)	320.488	ejes 8,2 ton

En la tabla I.2.8. se muestran los resultados y la verificación mediante el método AASHTO '93.

Tabla I.2.8: Variables de diseño para tránsito pesado
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLES DE DISEÑO	Nomenclatura	Valor	Unidades		
TRÁNSITO	W18	320.488	Ejes equiv de 80 kn		
CONFIABILIDAD	R(%)	90			
DESVIACIÓN	Zr (-)	-1,282			
ERROR ESTANDAR	So	0,45			
ÍNDICE SERVICIABILIDAD FINAL	ΔPSI	2,5			
Módulo Resiliente subrasante	Mrsub	6.000	psi		
Módulo Resiliente base	Mr2	30.000	psi		
Coeficiente estructural asfalto	a1	0,51			
Módulo Resiliente carpeta asfáltica	Mr1	652.500	psi		
Coeficiente drenaje base granular	m2	0,95			
Coeficiente estructural base	a2	0,14			
CÁLCULO NÚMERO ESTRUCTURAL DE PAQUETE			Para SN		
LOG. VARIABLE TRÁNSITO	Log(W18)	5,5058115	5,5278		
			VERIFICA		
Capa	h (mm)	a	m	SNi	SN
Capa asfáltica	50	0,51		1,02	
Base granular	200	0,14	0,95	1,06	2,08

ANEXO I-3: DISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL URBANA – MÉTODO RACIONAL

3.1. MEMORIA DE CÁLCULO

3.1.1. Caudal de proyecto

Se determinó a partir de las características pluviométricas de la subcuenca. El cálculo de caudal se realizó por el Método Racional Clásico, el cual responde a la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C * i * A}{360} \quad (\text{Ecuación I.3.1})$$

Donde:

- Q: caudal [m³/seg]
- C: coeficiente de escorrentía de la cuenca [adimensional]
- A: área de aporte [Ha]
- i: intensidad de la lluvia de diseño [mm/h]

Se calculó el caudal pico en base a la intensidad media del evento de precipitación de duración igual al tiempo de concentración y a un coeficiente de escurrimiento. Las hipótesis del método son:

- El caudal pico corre cuando toda la superficie de la cuenca pasa a contribuir al escurrimiento. Duración igual al tiempo de concentración.
- La lluvia se presenta con intensidad uniforme temporal y espacialmente.
- Las condiciones de permeabilidad de la cuenca se mantienen constantes durante la lluvia.

Un punto muy importante a tener en cuenta es que tiende a sobrestimar el caudal cuando las cuencas son mayores a 100 Ha.

3.1.2. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (c) es un parámetro que considera la influencia del uso de suelo en la capacidad de drenaje de la subcuenca. La proporción de la lluvia total que alcanza los drenajes de tormenta depende de los siguientes factores:

- Impermeabilidad, pendiente y características de encharcamiento de la superficie de estudio.
- Características del suelo y humedad antecedente, grado de compactación, porosidad, vegetación.
- Proximidad del nivel freático,
- Intensidad de lluvia.

Es una variable poco precisa, que requiere del criterio y de la experiencia del hidrólogo. Las superficies impermeables provocan una escorrentía del cien por ciento. Las inspecciones de campo y fotografías aéreas son útiles para la estimación de superficies impermeables de las cuencas. A modo orientativo, se puede utilizar la tabla I.3.1.

Tabla I.3.1: Valores de coeficiente de escorrentía para diferentes usos de suelo
(Fuente: Gómez Valentín, 2007)

	Mínimo	Máximo
Zonas Comerciales		
Area de centro ciudad	0.70	0.95
Area de suburbios	0.50	0.70
Zonas Residenciales		
Area unifamiliar	0.30	0.50
Bloques aislados	0.40	0.60
Bloques contiguos	0.60	0.80
Residencial suburbana	0.25	0.40
Apartamentos en áreas residenciales	0.50	0.70
Zonas Verdes y Especiales		
Parques y cementerios	0.10	0.25
Terrenos de juego	0.20	0.35
Ferrocarriles	0.20	0.40
Areas no edificadas terrenos permeables	0.10	0.25
Areas no edificadas terrenos impermeables	0.20	0.45
Autopistas y Portuarias	0.60	0.90

3.1.3. Áreas de aporte

Se consideró el área de la subcuenca correspondiente a lotes y calles que desagotan con pendiente hacia una misma boca de tormenta, que da inicio o ampliación al entubado. La determinación de las sub-cuencas surgió del análisis de los puntos de mayor cota y del sentido de escurrimiento en cada sector.

3.1.4. Intensidad de diseño

La intensidad adoptada es la que corresponde a una lluvia de duración igual al tiempo de concentración, esto es por el supuesto que hace el método racional que el caudal pico se da cuando toda la cuenca está aportando. En principio, se calculó el tiempo de concentración de cada subcuenca (t_c); y con él, usando curvas IDF, se obtuvo la intensidad.

Se calcularon dos intensidades, la primera para una lluvia de recurrencia de 5 años (función de servicio) y la segunda para una lluvia de recurrencia de 100 años (función de seguridad). Cada una responde a una curva IDF diferente.

3.1.5. Período de retorno

El carácter aleatorio de la lluvia se tuvo en cuenta en el periodo de retorno T años, si la probabilidad de ser igualada o superada a lo largo de un periodo es igual a $1/T$. El nivel de seguridad en la capacidad surge a partir de una relación coste-beneficio. Sin embargo, suele ocurrir que el periodo de diseño viene preestablecido por la reglamentación local.

3.1.6. Tiempo de concentración (TC)

Se determina el tiempo que tarda cada subcuenca en aportar al caudal. Está compuesto por el tiempo de circulación de lluvia en los lotes (T_{Lot}) y en las calzadas (T_{calz}). Este tiempo varía en función del coeficiente de escorrentía y de la pendiente de las superficies de recorrido. A continuación, se expresan las fórmulas para determinar estos plazos. La

ecuación I.3.3 proviene de estudios realizados por la FAA (Administración Federal de Aviación del Departamento de Transporte de Estados Unidos, 1970), mientras que la ecuación I.3.4 surge de la fórmula de Manning.

$$T_c = T_{lot} + T_{calz} \quad \text{(Ecuación I.3.2)}$$

$$T_{lot} = 0.7 * (1.1 - c_{Lot}) * (L_{Lot}^{0.5}) * (i_{Lot}^{-0.33}) \quad \text{(Ecuación I.3.3)}$$

$$T_{calz} = \frac{(L_{calz} * 60)}{\left(\frac{Acc}{Rcc}\right)^{2/3} * \left(\frac{i_{Calz}^{0.5}}{n}\right)} \quad \text{(Ecuación I.3.4)}$$

Siendo:

- c_{Lot} : coeficiente de escorrentía [adimensional].
- L_{Lot} : longitud del lote tipo de la subcuena en cuestión [m].
- i_{Lot} : pendiente del lote tipo de la subcuena en cuestión [adimensional].
- n : rugosidad del cordón cuneta (se toma 0,013 para el caso del hormigón) [adimensional].
- L_{calz} : longitud del recorrido máximo del agua en cordón cuneta en la subcuena [m].
- i_{Calz} : pendiente longitudinal máxima de cordón cuneta de esa subcuena [adimensional].
- Acc : área del triángulo determinado por la altura del cordón y el ancho de media calzada [m²].
- Rcc : perímetro mojado, es decir, la suma de la altura de cordón más el ancho de media calzada. En caso de que la calzada cuente con dos cordones cuneta, estas variables deben duplicarse [m].

3.1.7. Crecida de diseño

La magnitud de la creciente, está descripta por su caudal, cota y volumen. Se debe realizar un estudio de la crecida de diseño, para las estructuras de regulación como de conducción. El diseño hidrológico para el control de aguas está relacionado con la mitigación de efectos que pueda causar una crecida de caudal alto que desborde en el sistema de escurrimiento.

Para estimar los niveles de inundación se usó la ecuación de Manning, considerando la calle como un canal a cielo abierto (figura I.3.1). El movimiento se consideró en régimen permanente y uniforme, es decir que se consideran constantes las velocidades de evacuación.

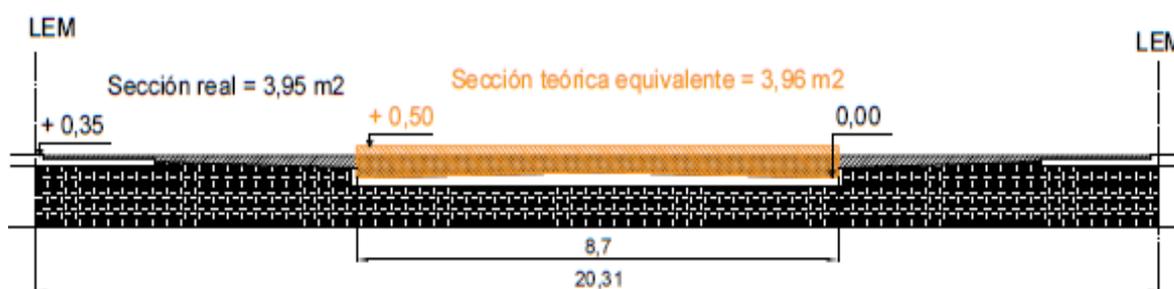


Figura I.3.1: Perfil esquemático de escorrentía máxima en calzada.
(Fuente: elaboración propia)

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad \text{(Ecuación I.3.5)}$$

Siendo:

- Q= Caudal [m³/s]
- A= Área [m²]
- R= Radio hidráulico (A/P)
- P= Perímetro mojado [m]
- S= pendiente longitudinal [m/m]
- n= coeficiente de rugosidad de Manning.

De esta manera, luego de dimensionar con método racional (Ecuación I.3.1) el sistema de drenaje urbano, se verificó que en ninguna subcuenca se supere el caudal de inundación calculado con ecuación de Manning (Ecuación I.3.5) para una cota de 50 cm sobre el fondo de cuneta con intensidades correspondientes a un período de retorno de 100 años.

3.2. ESTRUCTURAS DE DESAGÜE

Cada subcuenca de aporte conduce el agua mediante los cordones cuneta hacia elementos que derivan el flujo hacia los canales de evacuación principales del centro urbano.

En la mayoría de los casos, el ingreso a la infraestructura de drenaje se materializa mediante sumideros o bocas de tormenta para luego transportar los líquidos pluviales con entubados de hormigón. Otra opción menos utilizada como elemento de entrada al sistema subterráneo es mediante rejillas interceptoras.

Cuando la transmisión de agua desde la calzada se efectúa directamente a los canales de evacuación se utilizan bordes de descarga, que suelen ser también de hormigón.

3.2.1. Sumideros

Son obras de captación destinadas a introducir los caudales de escorrentía en la red de drenaje. Están compuestas por un volumen hueco enterrado, con paredes impermeabilizadas de hormigón armado, y una rejilla que permite el ingreso del agua, pero retiene sobre la calzada ramas o residuos que no deberían ingresar a la red. El dimensionamiento de las rejillas es de gran importancia para el correcto funcionamiento del sistema.

La capacidad de captación de las rejillas depende del largo y alto de la misma, y también de su proporción en área de huecos. Según ensayos realizados en el Laboratorio de Hidráulica del Instituto de Educación Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, las rejillas en dirección oblicua al eje longitudinal del sumidero presentan una mayor eficiencia de captación respecto de otros modelos. (Gómez Valentín, 2007). Asimismo, las conclusiones indican que son variables influyentes el caudal de paso (a mayor caudal, menor eficiencia) y las pendientes transversal y longitudinal del imbornal (también inversamente proporcionales).

3. Arterias principales y calles comunes

Para el caso de calles comunes, se analizan las cargas en tabla I.2.9.

Tabla I.2.9: Parámetros de cálculo para calles comunes y principales avenidas
(Fuente: Elaboración propia)

	Parámetro	Cantidad	Unidad
A	Volumen de tránsito diario	20	camiones
B	Carga máxima por eje	6,00	toneladas
C	Cantidad de ejes por camión	2	ejes
D	Período de diseño	5.475	días
E	Total de repeticiones esperadas vida útil	219.000	ejes 6 ton
F	Ejes equivalentes 80 KN (8,2 ton)	160.244	ejes 8,2 ton

El esquema adoptado se muestra en la figura I.2.6.

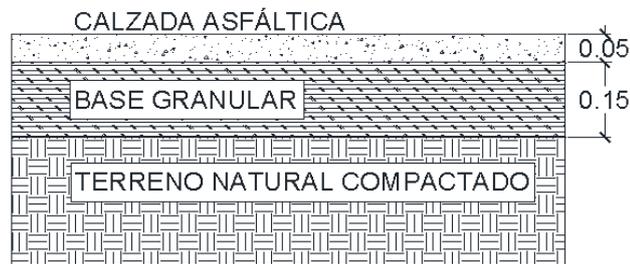


Figura I.2.6: Paquete estructural para calzada asfáltico en calles comunes
(Fuente: Elaboración propia)

Luego de aplicar método AASHTO '93, los resultados de la verificación se expresan en tabla I.1.10.

Tabla I.2.10: Variables de diseño para calles comunes y principales avenidas
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLES DE DISEÑO	Nomenclatura	Valor	Unidades		
TRÁNSITO	W18	160.244	Ejes equiv de 80 kn		
CONFIABILIDAD	R(%)	65			
DESVIACIÓN	Zr (-)	-0,5			
ERROR ESTANDAR	So	0,45			
ÍNDICE SERVICIABILIDAD FINAL	ΔPSI	2,5			
Módulo Resiliente subrasante	Mrsub	6.000	psi		
Módulo Resiliente base	Mr2	30.000	psi		
Coeficiente estructural asfalto	a1	0,51			
Módulo Resiliente carpeta asfáltica	Mr1	652.500	psi		
Coeficiente drenaje base granular	m2	0,95			
Coeficiente estructural base	a2	0,14			
CÁLCULO NÚMERO ESTRUCTURAL DE PAQUETE			Para SN		
LOG. VARIABLE TRÁNSITO	Log(W18)	5,2047815	5,3278		
			VERIFICA		
Capa	h (mm)	a	m	SNi	SN
Capa asfáltica	50	0,51		1,02	
Base granular	150	0,14	0,95	0,80	1,82



Figura I.3.2.: Tipos de rejillas interceptoras
(Fuente: Gómez Valentin, 2007)

Teniendo en cuenta todos estos aspectos se determinó el caudal que la boca de tormenta es capaz de captar, en base a coeficientes de tablas I.3.2 y I.3.3.

$$Q = C_d * A_h * (2 * g * E)^{1/2} \quad \text{(Ecuación I.3.6)}$$

Siendo:

- C_d : coeficiente de desagüe de la reja, [adimensional]
- A_h : área de huecos de la reja, [m²]
- g : la aceleración de la gravedad [m/s²]
- E : la eficiencia.

Tabla I.3.2: Valores de coeficiente de desagüe de las rejillas
(Fuente: Gómez Valentin, 2007)

	REJA 1	REJA 2	REJA 3	REJA 4	REJA 7	REJA 8	REJA 9
C_d	0.2	0.245	0.33	0.27	0.24	0.22	0.16

En cuanto a la variable de eficiencia, se utilizó la siguiente ecuación.

$$E = A * \left(\frac{Q_p}{y} \right)^{-B} \quad \text{(Ecuación I.3.7)}$$

Siendo

- Q_p : caudal de paso del agua por el cordón cuneta sobre la reja [l/s],
- y : calado del flujo inmediatamente agua arriba de la reja [mm],

- A y B: coeficientes que dependen del diseño geométrico de la reja.

Tabla I.3.3: Valores de coeficientes geométricos de rejillas
(Fuente: Gómez Valentín, 2007)

	REJA 1	REJA 2	REJA 3	REJA 4	REJA 7	REJA 8	REJA 9
A	0.47	0.4	0.39	0.44	0.52	0.73	0.67
B	0.77	0.82	0.77	0.81	0.74	0.49	0.74

A modo de verificación de seguridad, se calculó también el caudal de ingreso en sumideros con fórmula de Francis para vertederos de pared gruesa con doble contracción lateral.

$$Q = 1.839 * (b - 0.2 * h) * (h^{1.5}) \quad \text{(Ecuación I.3.8)}$$

- Siendo:

- b: el largo [m]

- h: la altura de boca de tormenta [m]

3.2.2. Entubados

Son conductos de hormigón cuya función es transportar el agua captada en sumideros hacia un canal de salida del ejido urbano. Pueden ser rectangulares, hormigonados in situ, o circulares de hormigón premoldeado. Estos últimos son los más comúnmente utilizados, dado que aceleran el ritmo de obra y son convenientes desde el punto de vista económico.

Las redes de drenaje subterráneo pueden presentarse en dos tipologías: redes arborescentes (figura I.3.3) o redes malladas (figura I.3.4). Para centros urbanos pequeños y con baja complejidad de drenaje puede optarse por el primer tipo, en el que cada nudo tiene una sola dirección de salida a pesar de contar con más de una entrada. Contrariamente, para zonas con complejidades topográficas o de grandes concentraciones urbanas surge la necesidad de plantear redes en las que cada nudo puede derivar en diversas direcciones su caudal.

Los entubados, así como también las canalizaciones abiertas, deben dimensionarse en cuanto a sección y pendiente longitudinal para que el sistema de alcantarillado cumpla con el régimen de flujo en lámina libre. Asimismo, es imprescindible limitar las velocidades de flujo.

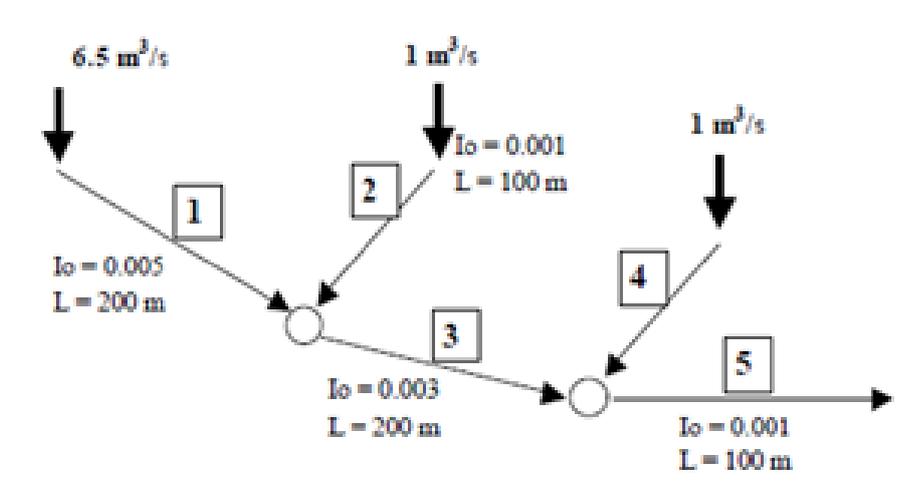


Figura I.3.3: Red tipo arborescente
(Fuente: Gómez Valentín, 2007)

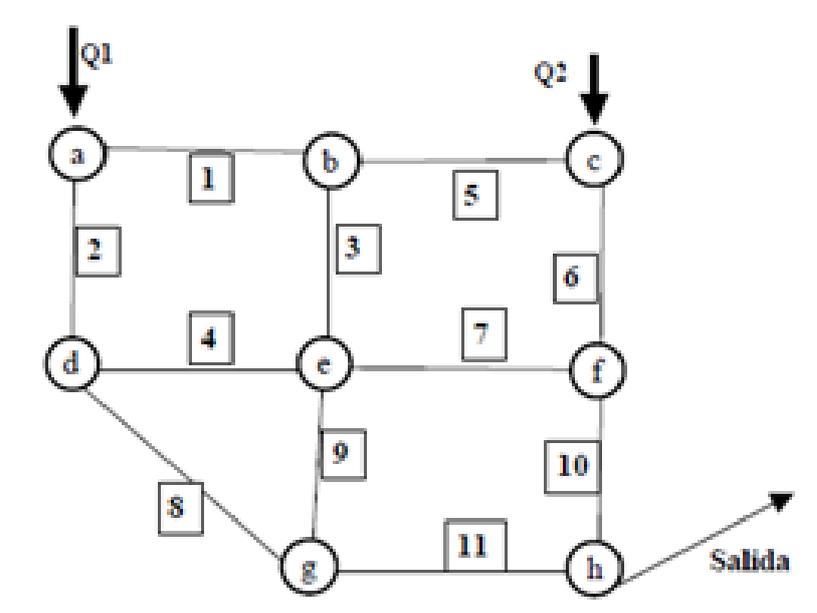


Figura I.3.4: Red tipo mallada
(Fuente: Gómez Valentín, 2007)

La velocidad mínima permitida en colectores se determina para asegurar la auto limpieza del colector, es decir para evitar que sedimenten partículas sólidas presentes en los líquidos pluviales. Gómez Valentín (2007) propone adoptar una velocidad mínima de 1 m/s.

Por su parte, la velocidad máxima se limita ante posibles daños que pueda ocasionar la acción mecánica del agua sobre las paredes del colector. Cabe destacar que, en cuanto mayor sea el contenido de sólidos en el agua, mayor es la erosión. De esta manera, Gómez Valentín (2007) propone una velocidad máxima de 6 m/s para los casos en que se realiza un eficiente control de ingreso de material sólido a la red (uso de rejillas adecuadas) complementado con una rigurosa labor de inspección y mantenimiento de colectores. De no poder asegurar estas condiciones la velocidad máxima es 3 m/s.

Para el dimensionamiento de los entubados pueden adoptarse dos hipótesis de flujo: movimiento permanente uniforme (MPU) y movimiento permanente gradualmente variado (MPGV). En el primer caso, un conducto de sección constante mantiene el nivel de agua en todos sus puntos, siendo el dato principal el caudal máximo calculado mediante el método racional. En cambio, en el segundo caso se considera la evolución temporal del hidrograma de caudal en relación del tiempo, por lo que un conducto de sección constante sufre variaciones en su nivel de agua punto a punto. Es decir que al considerar el caudal máximo en MPU estaríamos “del lado de la seguridad”.

Entonces, se utilizó también la fórmula empírica de Manning (Ecuación I.3.5) para determinar las secciones de los conductos a utilizar.

3.2.3. Lagunas de retardo

Los depósitos de retención de volúmenes sirven para reducir el impacto del caudal de una subcuenca en la red de alcantarillado, disminuyendo la probabilidad de colapso. En cuanto mayor sea la capacidad de retención, es decir el volumen de la laguna, mayor va a ser el tiempo en que va a tardar el agua en ingresar al sistema de desagüe. En las figuras I.3.5 y I.3.6 se ilustran los sistemas de entrada y salida del retardo que suelen utilizarse.



Figura I.3.5: Aliviadero tipo embudo
(Fuente: Gómez Valentín, 2007)

Para controlar el caudal de salida del depósito, es conveniente incorporar una cámara de laminación de flujo, que puede materializarse mediante aliviaderos tipo embudo o tabiques.

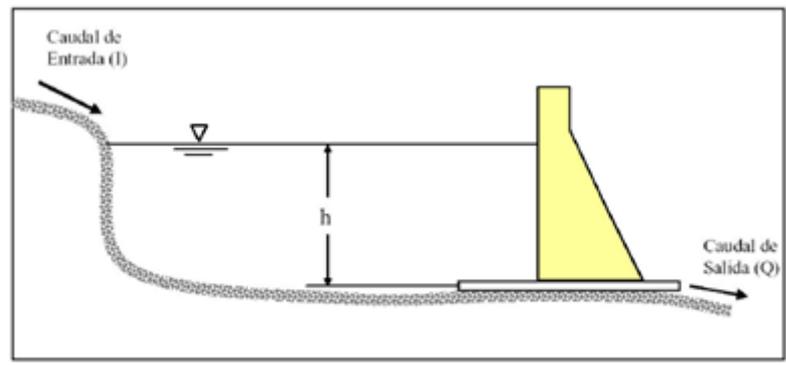


Figura I.3.6: Aliviaderos
(Fuente: Gómez Valentín, 2007)

En función de la altura máxima de la cámara de laminación, se calcula el caudal de salida de dicho dispositivo.

$$Q = k_o \cdot a_o \cdot \sqrt{2gh}$$

(Ecuación I.3.9)

Siendo:

k_o el coeficiente de descarga del orificio (0,75 para tubos de hormigón), [adimensional]

a_o la sección interior del orificio, [m²]

g la aceleración de la gravedad [m/s²]

h la altura de la cámara de laminación [m]

Cabe aclarar que, a los efectos del cálculo hidráulico del efecto de favorecer el tiempo de respuesta del sistema de drenaje de un loteo, suele despreciarse lagunas de retardo cuya superficie sea menor que una manzana.

3.3. DISEÑO DE DRENAJE SUPERFICIAL

Mediante el Método Racional se dimensionó el sistema, como se puede observar en el desarrollo, diseñando para la Función de Servicio y luego verificando y ajustando para la Función de Seguridad.

3.3.1. Caudales de proyecto

En primer lugar, se definieron las subcuencas de aporte. En este caso, existen calles pavimentadas, sin red de alcantarillado, que actualmente desagotan en cunetas. En cuanto a su caracterización, no se observaron diferencias relevantes de ocupación de suelo dentro de cada subcuenca, como así tampoco a nivel urbano general. Cabe destacar, como se mencionó en Capítulo 2 del presente trabajo, que la tendencia de crecimiento demográfico es muy baja, por lo tanto, consideramos que no habrá cambios sustanciales en la escorrentía de las cuencas. En el plano D01 de anexo, se muestran las subcuencas de aporte determinadas para la superficie en estudio.

El paso siguiente consistió en la determinación del tiempo de concentración de cada subcuenca (Ecuación I.3.2), analizando tiempo de flujo en lotes (figura I.3.7) y veredas de manzanas y en calzadas.

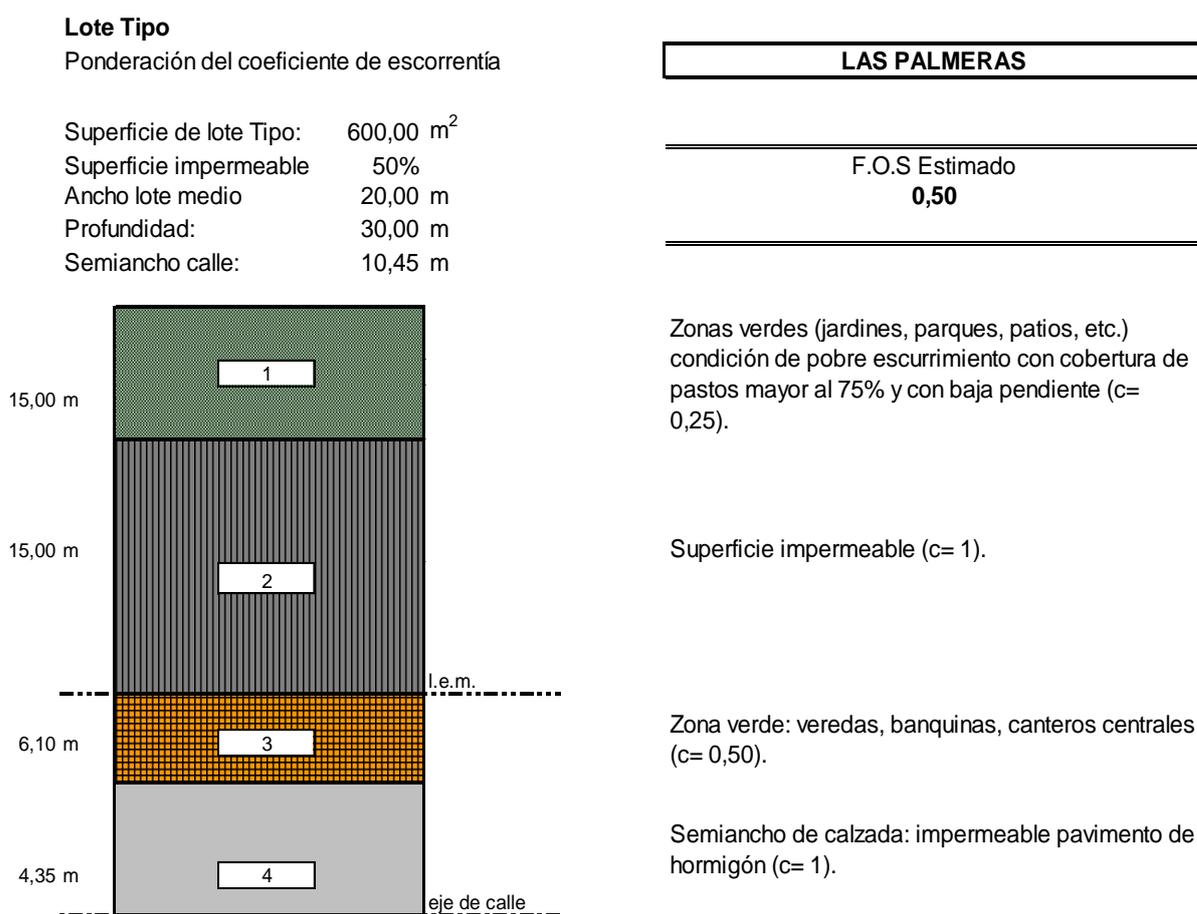


Figura I.3.7: Escurrimiento lote tipo
(Fuente: elaboración propia)

El primer componente surge de considerar un lote tipo, y a partir de ello determinar el coeficiente de escorrentía en lotes (tabla I.3.4).

Tabla I.3.4: Determinación coeficiente de escorrentía en lote tipo
(Fuente: elaboración propia)

Designación	Dimensiones		Superficie (m ²)	Coef. de escorrentía	[A] x [c]= (m ²)
	Bi(m)	Hi(m)			
1	20,00	15,00	300,00	0,25	75,00
2	20,00	15,00	300,00	1,00	300,00
3	20,00	6,10	122,00	0,50	61,00
4	20,00	4,35	87,00	1,00	87,00
40,45					
			809,00		523,00
			PROMEDIO		0,646

Con dicho coeficiente se completa la Ecuación I.3.3.

El segundo componente del tiempo de concentración, correspondiente a circulación en cordones cuneta y bocacalles, se calcula directamente según Ecuación I.3.4.

Luego, se adoptó también un coeficiente de escurrimiento (C) general para cada subcuenca.

Una vez que supimos cuánto dura la tormenta de diseño en cada sector, recurrimos a las curvas IDF (intensidad – duración – frecuencia) de figura I.3.8 proporcionadas por la Estación Meteorológica de INTA Rafaela, para recopilar las intensidades que nos permitan calcular los caudales de proyecto (Ecuación I.3.1) y, consiguientemente, diseñar la red de drenaje.

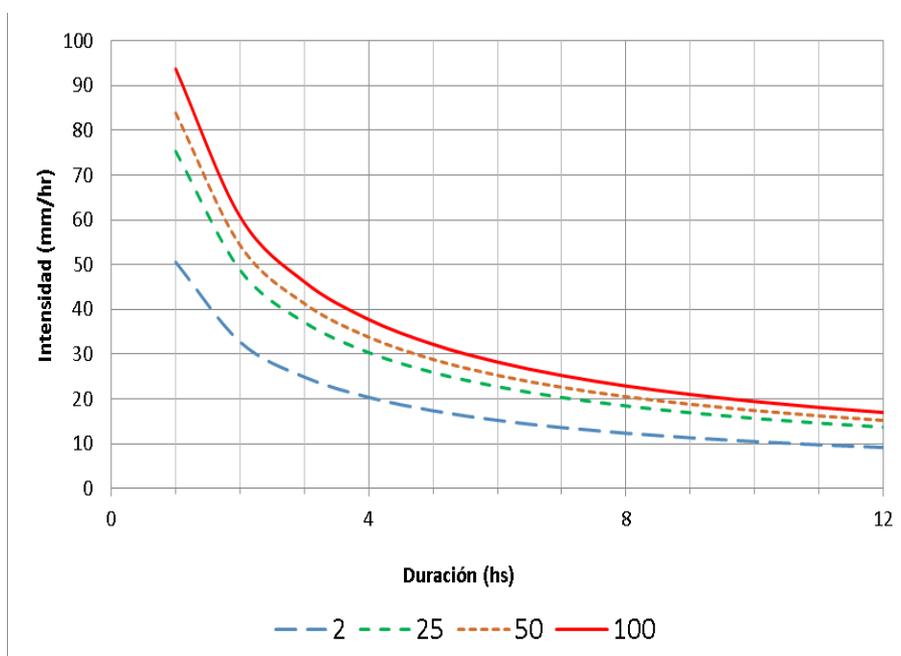


Figura I.3.8: Curvas intensidad - duración – frecuencia de Rafaela, Santa Fe.
(Fuente: Estación Meteorológica INTA Rafaela)

A continuación, se presenta la tabla I.3.5 de resultados de caudales de proyecto para subcuencas de la localidad de Las Palmeras.

Tabla I.3.5: Determinación de caudal de aporte de cada subcuenca al sistema
(Fuente: elaboración propia)

SUBCUENCA					Datos para escurrimiento en calzada (superficial) -subcuenca urbana-						
Nº	AREA (HA)	L (M)	DH (M)	i (L/DH)	TLot (MIN) Ecuación 3.3	Tcalz (MIN) Ecuación 3.4	Td (MIN) Ecuación 3.2	I [MM/H] de curvas IDF	C (Tabla 3.2)	Ai x Ci	Q[M3/SEG] Ecuación 3.1
A1	3,250	339,75	0,41	0,00121	14,78	12,02	26,80	89,2585	0,70	2,275	0,564
A2	5,380	426,00	0,50	0,00117	14,78	15,32	30,10	84,5406	0,70	3,766	0,884
A3	6,430	289,00	0,63	0,00219	14,78	7,61	22,39	96,6264	0,70	4,501	1,208
A4	2,380	302,15	0,33	0,00109	14,78	11,27	26,05	90,4277	0,70	1,666	0,418
A5	2,230	219,30	0,29	0,00132	14,78	7,44	22,23	96,9301	0,70	1,561	0,420
A6	2,090	242,86	0,62	0,00256	14,78	5,91	20,69	99,8523	0,70	1,463	0,406
A7	3,190	220,72	0,56	0,00253	14,78	5,40	20,19	100,87	0,70	2,233	0,626
A8	3,780	242,30	0,45	0,00187	14,78	6,91	21,69	97,9214	0,70	2,646	0,720
A9	2,780	260,77	0,36	0,00139	14,78	8,61	23,39	94,829	0,70	1,946	0,513
A10	0,610	135,18	0,30	0,00222	14,78	3,54	18,32	104,823	0,70	0,427	0,124
A11	2,370	224,65	0,50	0,00223	14,78	5,87	20,65	99,9426	0,70	1,659	0,461
A12	1,680	336,20	0,53	0,00157	14,78	10,44	25,23	91,7399	0,70	1,176	0,300
A13	1,400	105,45	0,10	0,00095	14,78	4,22	19,00	103,336	0,70	0,980	0,281
A14	0,450	122,12	0,30	0,00246	14,78	3,04	17,82	105,943	0,70	0,315	0,093
A15	4,610	580,12	0,60	0,00104	14,78	22,15	36,94	76,3914	0,70	3,227	0,685
A16	1,730	218,39	1,12	0,00513	14,78	3,76	18,54	104,335	0,70	1,211	0,351
A17	1,800	410,00	0,60	0,00146	14,78	13,21	27,99	87,496	0,70	1,260	0,306

3.3.2. Bocas de tormenta

Como paso siguiente, se dimensionaron las bocas de tormenta con la ecuación I.3.6 y se verificaron con la ecuación I.3.8. En la tabla I.3.6 se muestra la planilla de resultados,

notando que en la mayoría de los casos en que hay uno a cada lado de la calzada y por lo tanto reparten caudal.

Tabla I.3.6: Determinación de dimensiones de bocas de tormenta
(Fuente: elaboración propia)

Nº	Q[M3/SEG] Ecuación 3.1	H [m] adoptada	LONG. BT Ecuación 3.6 y 3.8	LONG. BT adoptada
A2	0,884	0,300	1,52	BT5-6
			1,87	2,00
A3	1,208	0,400	1,38	BT1-2
			1,94	2,00
A8	0,720	0,300	1,25	BT3-4
			1,41	1,50
A11	0,461	0,300	0,82	BT7-8
			0,759	1,000
A12	0,300	0,300	0,56	BT9-10
			0,419	1,000

3.3.3. Sumideros

Para el caso de los lotes que están sobre las calles de la defensa perimetral se plantearon acequias de hormigón con rejas colectoras, para asegurar el escurrimiento de las aguas provenientes de las viviendas y veredas. Las acequias paralelas a la calzada se denominaron "SL", mientras que las acequias o trincheras perpendiculares a la calzada que captan y redirigen el flujo utilizaron la nomenclatura "SR".

Para el dimensionamiento se consideró movimiento permanente uniforme y se utilizó fórmula de Manning (Ecuación I.3.5). Asimismo, se verificó que la velocidad de flujo verifique los límites recomendados, entre 1 y 3 m/seg, según se puede apreciar en la tabla I.3.7.

Tabla I.3.7: Determinación de dimensiones de acequias
(Fuente: elaboración propia)

SUBCUENCA		RECTANGULAR - TRAPEZOIDAL												
Nº	Q ACUM	h (m)	d (m)	BASE (m)	n (rug.)	T (m)	Am (m2)	Pm (m)	ID	Q (m3/s) Ecuación 3.5	Verificación	V [M/SEG]	T. FL. [MIN]	
A1	0,984	1,10	20,000	0,80	0,014	1,00	0,80	2,40	SR1	1,06	VERIFICA	1,330	0,251	
A4	0,824	0,95	20,000	0,80	0,014	0,85	0,68	2,16	SR4	0,87	VERIFICA	1,280	0,260	
A5	0,420	0,60	20,000	0,80	0,014	0,50	0,40	1,60	SR2	0,44	VERIFICA	1,098	0,304	
A6	0,406	0,60	20,000	0,80	0,014	0,50	0,40	1,60	SR5	0,44	VERIFICA	1,098	0,304	
A7	0,626	0,80	20,000	0,80	0,014	0,70	0,56	1,92	SR3	0,68	VERIFICA	1,217	0,274	
A9	0,513	0,70	20,000	0,80	0,014	0,60	0,48	1,76	SR6	0,56	VERIFICA	1,163	0,287	
A10	0,750	0,90	200,000	0,80	0,014	0,80	0,64	2,08	SL3	0,81	VERIFICA	1,261	2,644	
A13	0,281	0,50	20,000	0,80	0,014	0,40	0,32	1,44	SR7	0,32	VERIFICA	1,015	0,328	
A14	0,605	0,80	200,000	0,80	0,014	0,70	0,56	1,92	SL7/8	0,68	VERIFICA	1,217	2,740	
A15	0,685	0,85	20,000	0,80	0,014	0,75	0,60	2,00	SR8	0,74	VERIFICA	1,240	0,269	
A16	0,351	0,60	20,000	0,80	0,014	0,50	0,40	1,60	SR9	0,44	VERIFICA	1,098	0,304	
A17	0,306	0,50	400,000	0,80	0,014	0,40	0,32	1,44	SL11	0,32	VERIFICA	1,015	6,568	

3.3.4. Entubados

Para el caso del centro urbano en estudio, dada su baja complejidad y por tratarse de un pueblo pequeño, optamos por un diseño de red de alcantarillado del tipo arborescente. El único punto conflictivo hallado se encuentra en los caudales de salida de las subcuencas A2 y A3, que abarcan áreas grandes. Si bien sería conveniente proyectar un retardo, la imposibilidad de contar con espacio suficiente en un lugar adecuado nos lleva a descartar esta opción para este caso.

Los conductos se diseñaron en su mayoría mediante tubos de hormigón premoldeado. Para el dimensionamiento se consideró movimiento permanente uniforme y se utilizó fórmula de Manning (Ecuación I.3.5). Asimismo, se verificó que la velocidad de flujo verifique los límites recomendados, entre 1 y 3 m/seg. (ver tabla I.3.8).

Tabla I.3.8: Determinación de secciones de entubados circulares
(Fuente: elaboración propia)

SUBCUENCA		CAÑO HºAº				V [M/SEG]
Nº	Q [ACUM]	Pendiente	Cantidad	Sección necesaria	Sección adoptada	
A1	0,984	0,15%	1	1,022	1,000	1,182
A2	0,884	0,15%	1	0,982	1,000	1,182
A3	1,208	0,15%	1	1,104	1,200	1,335
A4	0,824	0,15%	1	0,956	1,000	1,182
A8	0,720	0,15%	1	0,909	1,000	1,182
A10	0,750	0,15%	1	0,923	1,000	1,182
A11	0,461	0,15%	1	0,769	0,800	1,019
A12	0,300	0,15%	1	0,654	0,800	1,019
A13	0,281	0,15%	1	0,639	0,700	0,932
	0,887	0,15%	1	0,983	1,000	1,182
A15	0,685	0,15%	1	0,892	1,000	1,182
A17	0,306	0,15%	1	0,660	0,700	0,932

Para tramos cuyo caudal es importante, se torna inconveniente desde el punto de vista práctico utilizar grandes secciones circulares premoldeadas, ya que requieren del uso de grúas especiales para su montaje en obra. Es por ello que, en dichos casos, se optó por proyectar secciones rectangulares de hormigón armado (ver tabla I.3.9).

Tabla I.3.9: Determinación de secciones de entubados rectangulares
(Fuente: elaboración propia)

SUBCUENCA		RECTANGULAR - TRAPEZOIDAL										
Nº	Q ACUM	h (m)	d (m)	BASE (m)	n (rug.)	T (m)	Am (m2)	Pm (m)	ID	Q (m3/s) Ecuación 3.5	Verificación	V [M/SEG]
A8	1,928	1,50	130,000	1,00	0,014	1,40	1,40	3,80	S4	1,99	VERIFICA	1,422
A12	2,228	2,50	140,000	1,00	0,014	2,40	2,40	5,80	S6	3,69	VERIFICA	1,536
	3,112	2,75	125,000	1,00	0,014	2,50	2,50	6,00	S9	3,86	VERIFICA	1,543
	4,322	3,00	40,000	1,00	0,014	2,80	2,80	6,60	S11	4,37	VERIFICA	1,562

El entubado S4 entonces se materializaría con una sección rectangular cerrada, ya que atraviesa una manzana del pueblo, mientras que para los tramos S6, S9 y S11 se propuso y verificó secciones rectangulares a cielo abierto a lo largo del paseo de la estación. Si bien existe una opción más económica como canal sin revestir a cielo abierto, por una cuestión de saneamiento y fácil mantenimiento es conveniente que sea revestido de hormigón en estos tramos.

3.3.5. Verificación de cota de inundación

A partir de la ecuación de Manning, de determinó el caudal máximo a fluir por los cordones cuneta para evitar que el tirante de flujo supere los 50 cm por sobre el nivel de base de cordón. Para este caso, considerando como sección el ancho de calzada completa, el caudal límite de inundación se fijó en 3,10 m3/seg. Esto implica que, calculado con intensidades en base a curva IDF para un tiempo de recurrencia de 100 años, ningún caudal de subcuena debe superar dicho valor. Se presenta la tabla I.3.10 de verificación.

Tabla I.3.10: Verificación de caudal máximo para T=100 años
(Fuente: elaboración propia)

Nº	AREA (HA)	L (M)	DH (M)	i (M/M)	TLot (MIN)	Tcalz (MIN)	Td (MIN)	I [MM/H]	C	Ai x Ci	Q[M3/SEG]
A1	3,250	339,75	0,41	0,00121	14,78	12,02	26,80	142,916	0,70	2,275	0,903
A2	5,380	426,00	0,50	0,00117	14,78	15,32	30,10	135,362	0,70	3,766	1,416
A3	6,430	289,00	0,63	0,00219	14,78	7,61	22,39	154,713	0,70	4,501	1,934
A4	2,380	302,15	0,33	0,00109	14,78	11,27	26,05	144,788	0,70	1,666	0,670
A5	2,230	219,30	0,29	0,00132	14,78	7,44	22,23	155,199	0,70	1,561	0,673
A6	2,090	242,86	0,62	0,00256	14,78	5,91	20,69	159,878	0,70	1,463	0,650
A7	3,190	220,72	0,56	0,00253	14,78	5,40	20,19	161,507	0,70	2,233	1,002
A8	3,780	242,30	0,45	0,00187	14,78	6,91	21,69	156,786	0,70	2,646	1,152
A9	2,780	260,77	0,36	0,00139	14,78	8,61	23,39	151,835	0,70	1,946	0,821

Tabla I.3.10: Verificación de caudal máximo para T=100 años (Cont.)
(Fuente: elaboración propia)

A10	0,610	135,18	0,30	0,00222	14,78	3,54	18,32	167,837	0,70	0,427	0,199
A11	2,370	224,65	0,50	0,00223	14,78	5,87	20,65	160,023	0,70	1,659	0,737
A12	1,680	336,20	0,53	0,00157	14,78	10,44	25,23	146,889	0,70	1,176	0,480
A13	1,400	105,45	0,10	0,00095	14,78	4,22	19,00	165,455	0,70	0,980	0,450
A14	0,450	122,12	0,30	0,00246	14,78	3,04	17,82	169,63	0,70	0,315	0,148
A15	4,610	580,12	0,60	0,00104	14,78	22,15	36,94	122,314	0,70	3,227	1,096
A16	1,730	218,39	1,12	0,00513	14,78	3,76	18,54	167,055	0,70	1,211	0,562
A17	1,800	410,00	0,60	0,00146	14,78	13,21	27,99	140,094	0,70	1,260	0,490

ANEXO II: PLANOS

Plano R01: Perfiles de calles

Plano R02: Altimetría de calles existentes

Plano P01: Perfiles de proyecto

Plano P02: Perfiles de proyecto

Plano P03: Altimetría

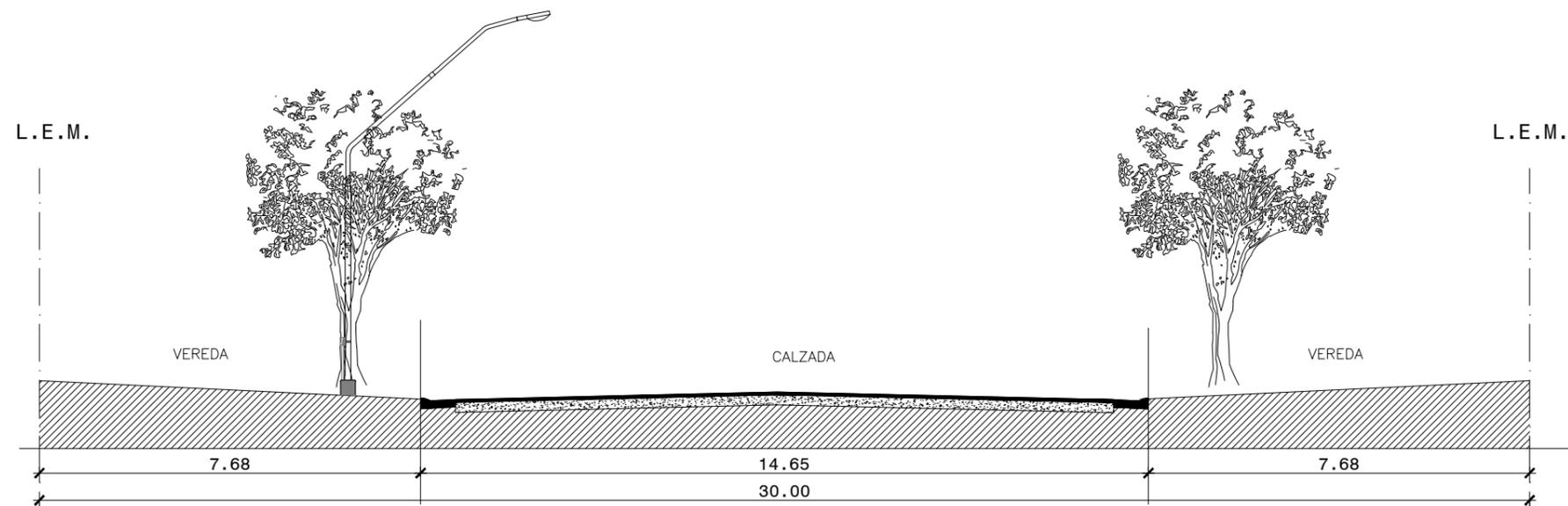
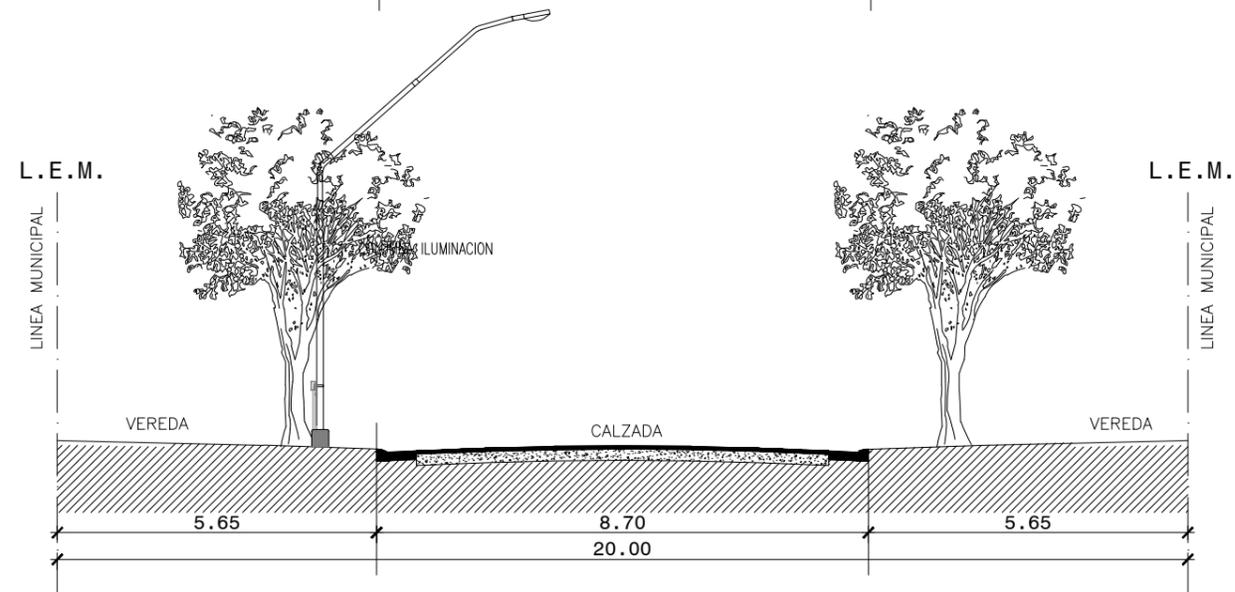
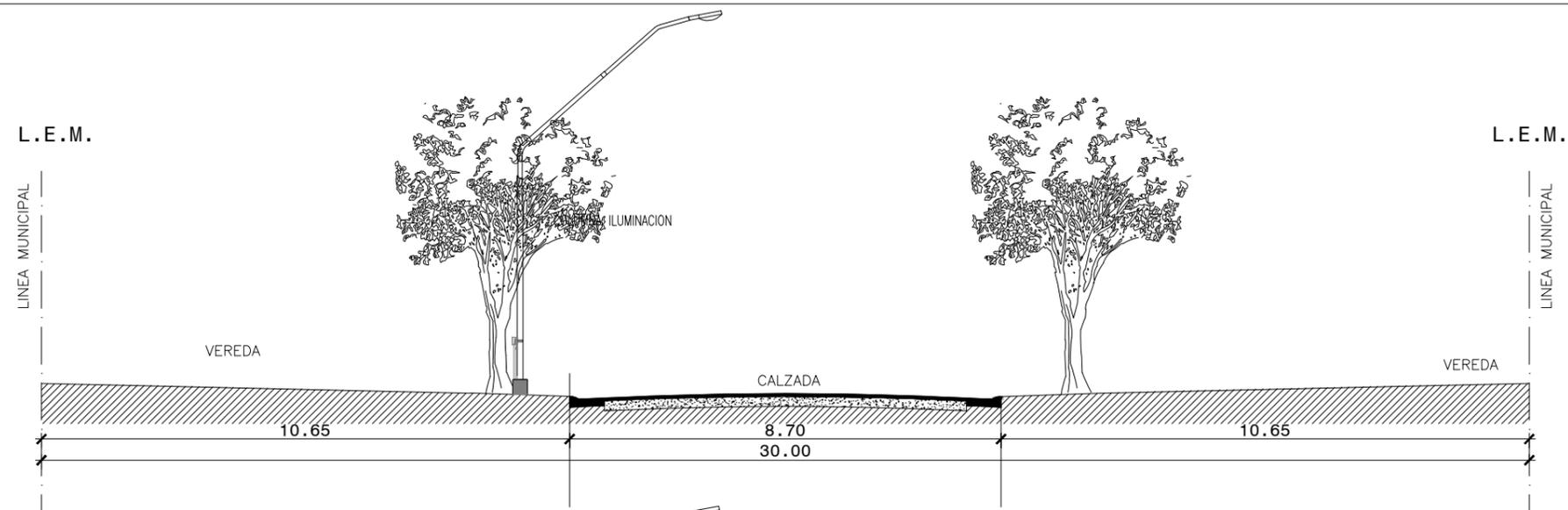
Plano P04: Cordones cuneta y calzadas a demoler

Plano P05: Paquetes estructurales

Plano D01: Subcuencas

Plano D02: Proyecto de desagües

Plano D03: Detalles tipo de elementos de desagüe



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.- Facultad Regional Rafaela

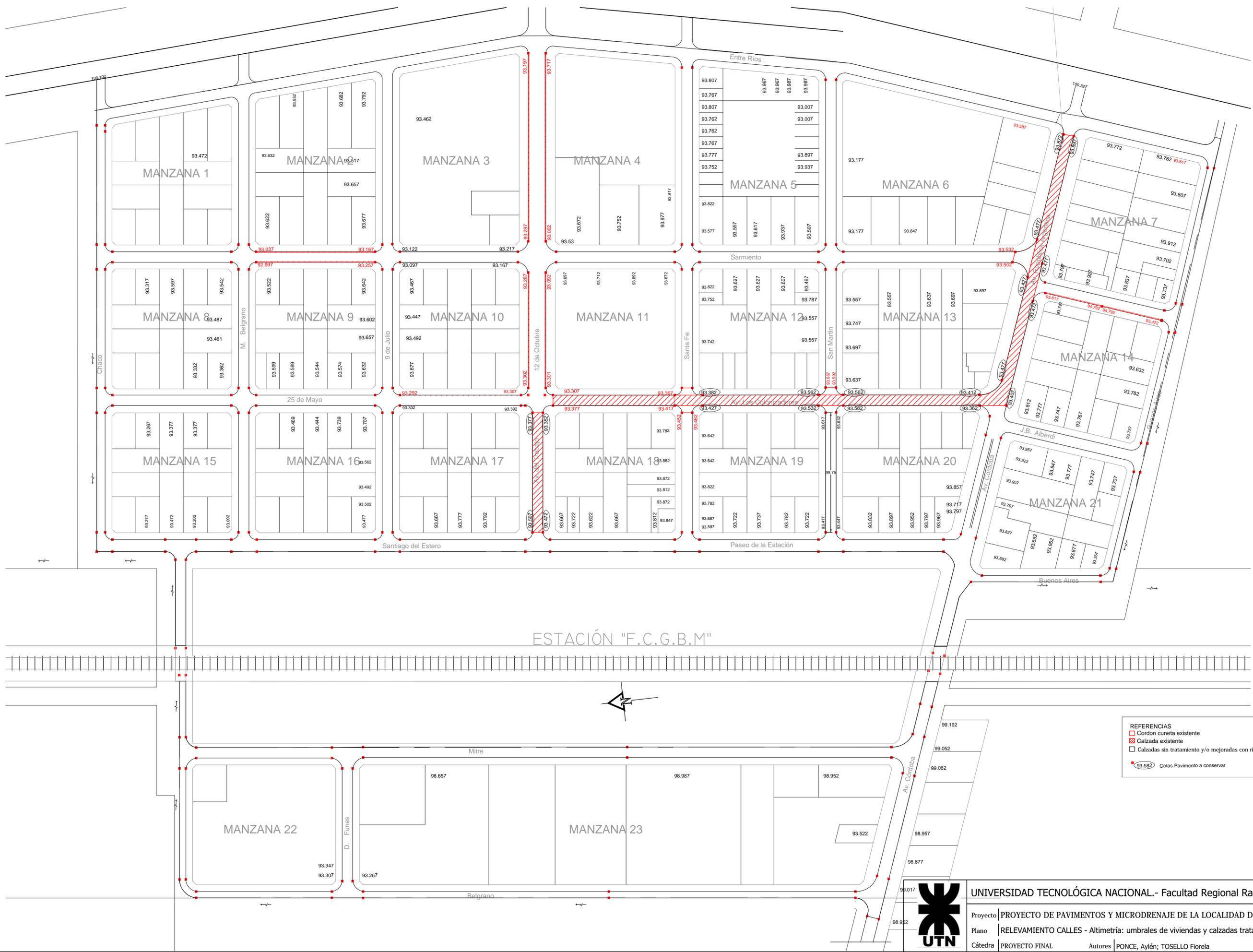
Proyecto | PROYECTO DE PAVIMENTOS Y MICRODRENAJE DE LA LOCALIDAD DE "LAS PALMERAS"

Plano | RELEVAMIENTO CALLES - Perfiles de calles existentes

Cátedra | PROYECTO FINAL

Autores | PONCE, Aylén; TOSELLO Fiorela

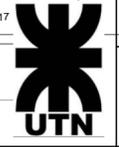
R01



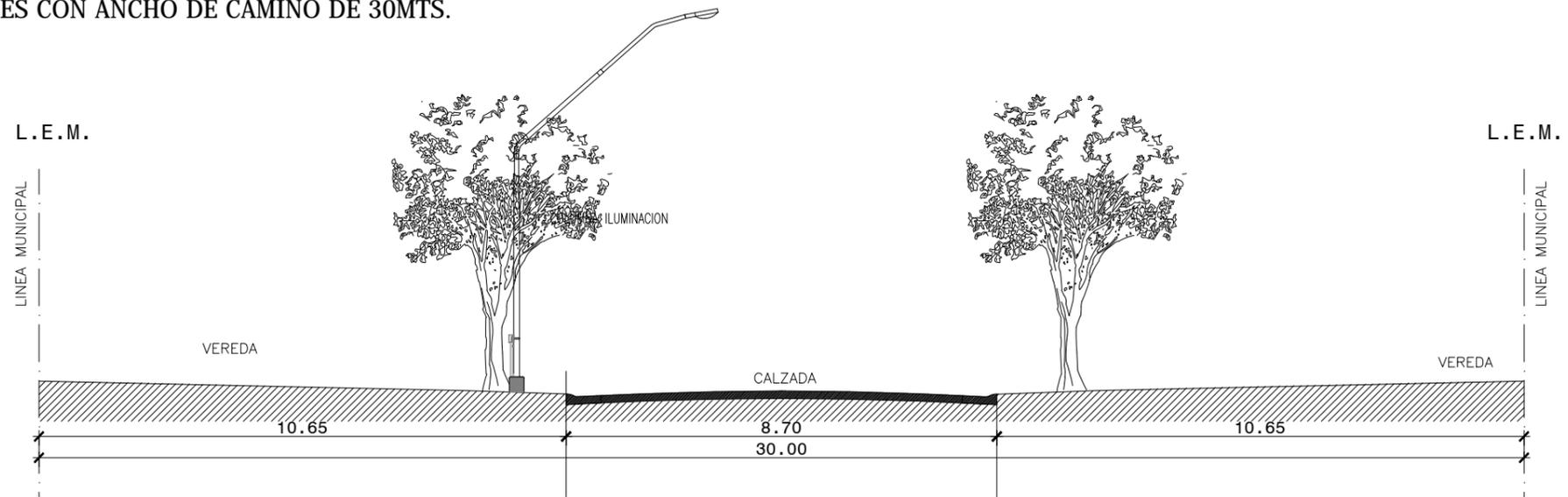
ESTACIÓN "F.C.G.B.M"



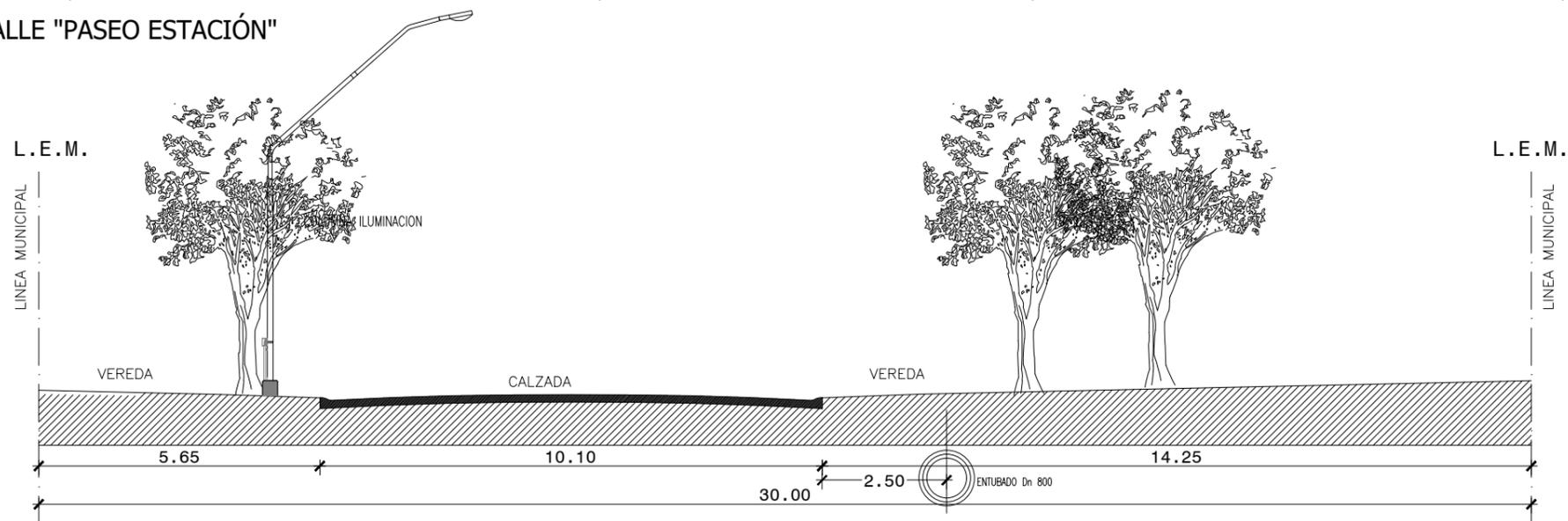
REFERENCIAS	
	Cordon cuneta existente
	Calzada existente
	Calzadas sin tratamiento y/o mejoradas con ripio
	93.582 Cotas Pavimento a conservar



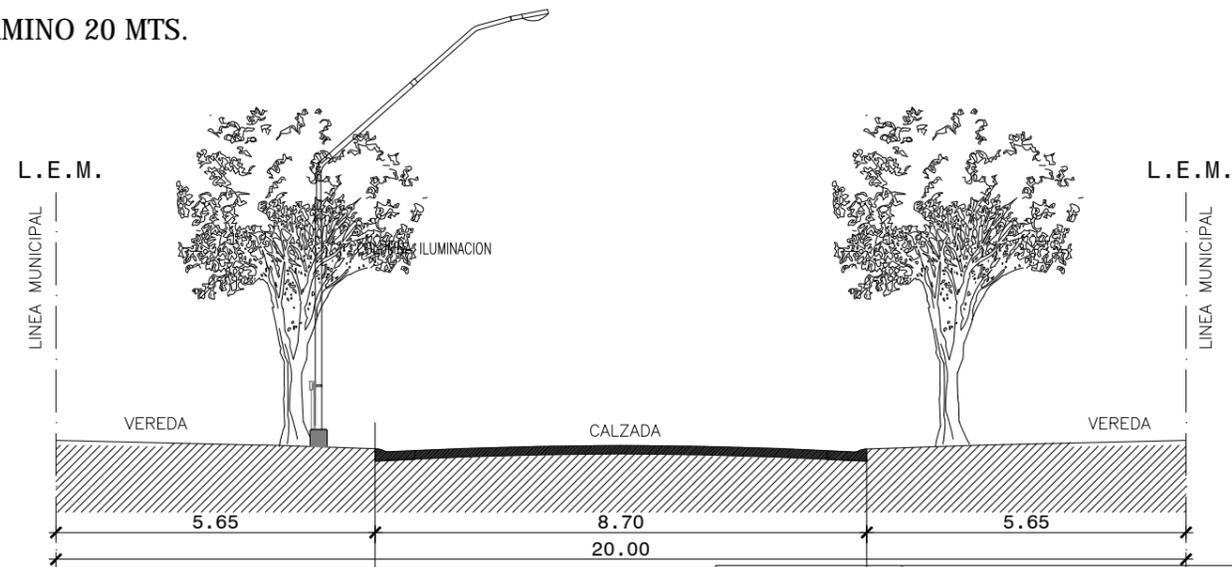
PERFIL PARA CALLES CON ANCHO DE CAMINO DE 30MTS.



PERFIL PARA CALLE "PASEO ESTACIÓN"



PERFIL PARA CALLES CON ANCHO DE CAMINO 20 MTS.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.- Facultad Regional Rafaela

Proyecto | PROYECTO DE PAVIMENTOS Y MICRODRENAJE DE LA LOCALIDAD DE "LAS PALMERAS"

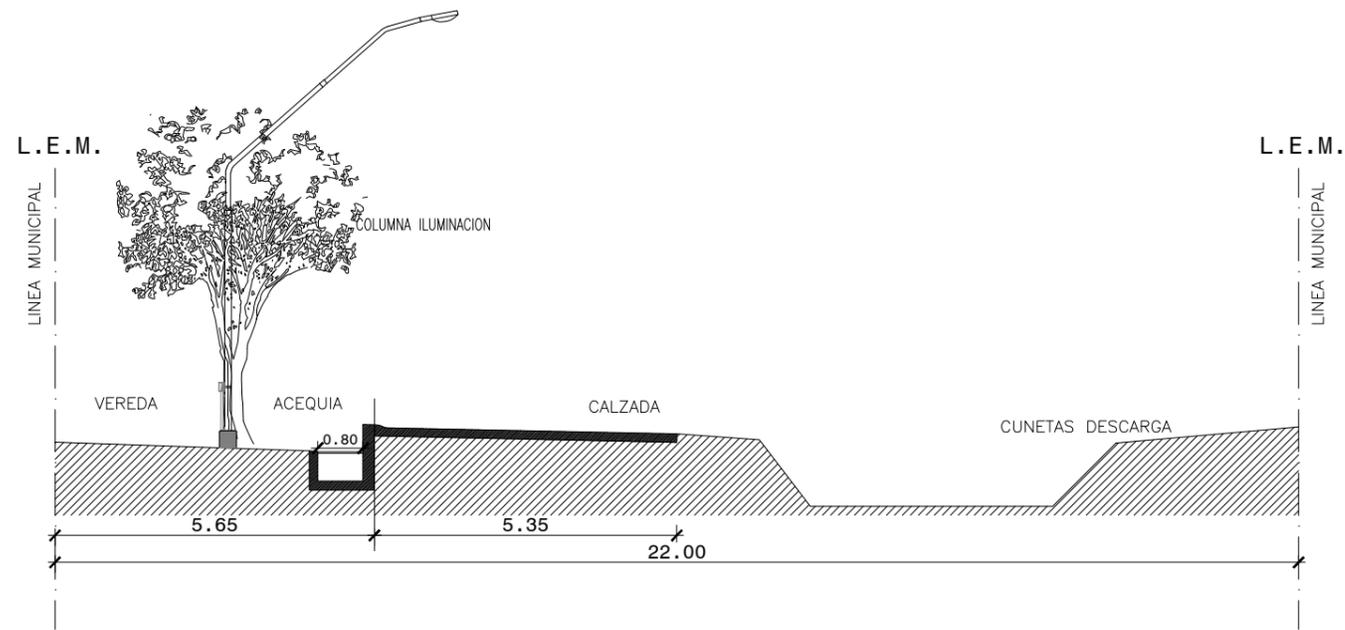
Plano | PROYECTO DE PAVIMENTOS - Perfiles de proyecto

Cátedra | PROYECTO FINAL

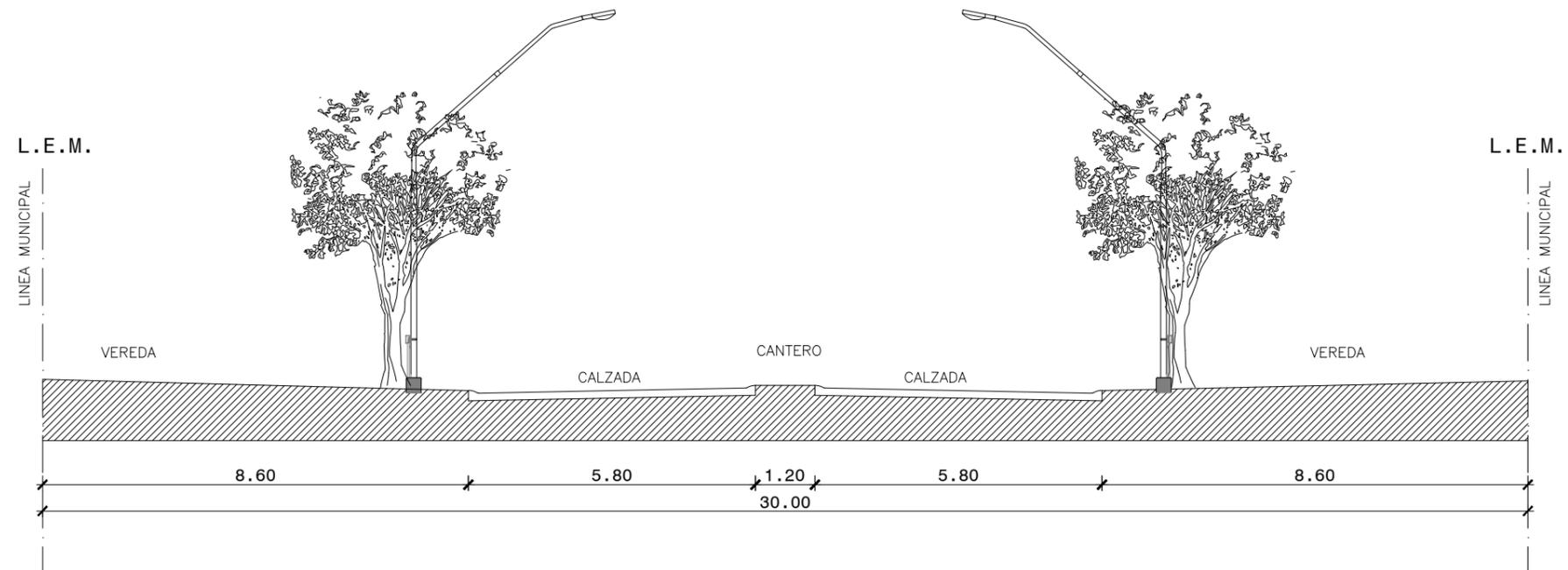
Autores | PONCE, Aylén; TOSELLO Fiorela

P01

PERFIL PARA CALLES SOBRE DEFENSA PERIMETRAL



PERFIL PARA "AVENIDA CORDOBA"



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.- Facultad Regional Rafaela

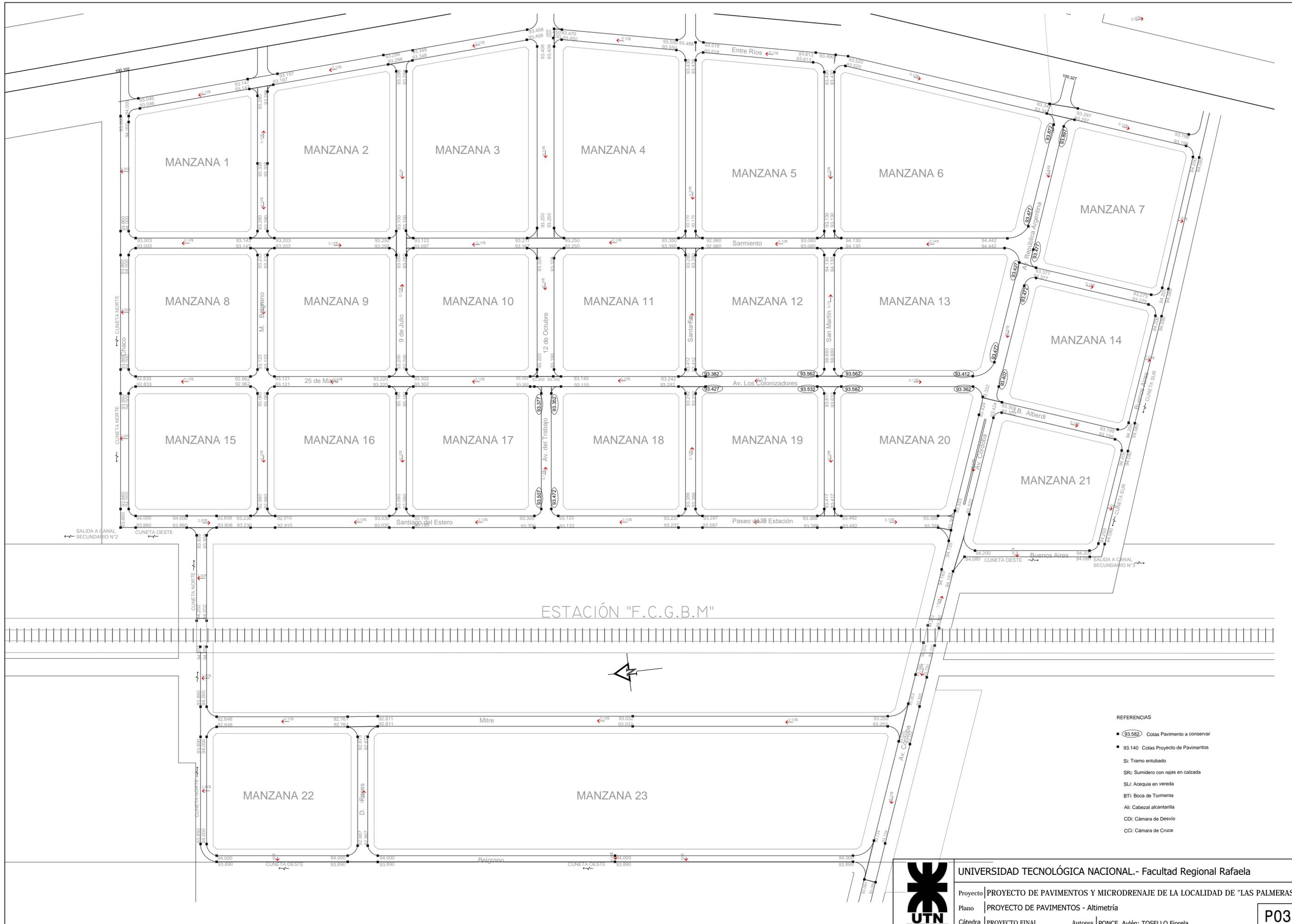
Proyecto | PROYECTO DE PAVIMENTOS Y MICRODRENAJE DE LA LOCALIDAD DE "LAS PALMERAS"

Plano | PROYECTO DE PAVIMENTOS - Perfiles de proyecto

Cátedra | PROYECTO FINAL

Autores | PONCE, Aylén; TOSELLO Fiorela

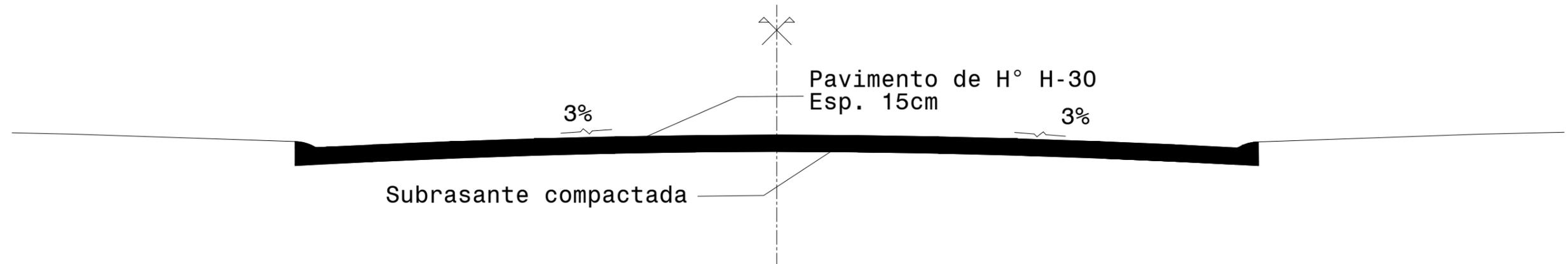
P02



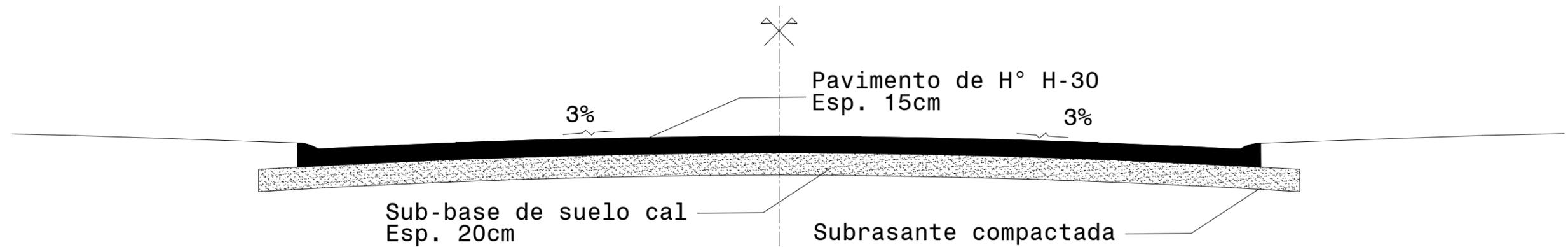
- REFERENCIAS
- 93.582 Cotas Pavimento a conservar
 - 93.140 Cotas Proyecto de Pavimentos
 - SI: Tramo entubado
 - SR: Sumidero con rejillas en calzada
 - SL: Acequia en vereda
 - BT: Boca de Tormenta
 - Al: Cabezal alcantarilla
 - CD: Cámara de Desvío
 - CCI: Cámara de Cruce



PAVIMENTO RÍGIDO ARTERIAS PRINCIPALES Y CALLES COMUNES



PAVIMENTO RÍGIDO TRÁNSITO PESADO



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.- Facultad Regional Rafaela

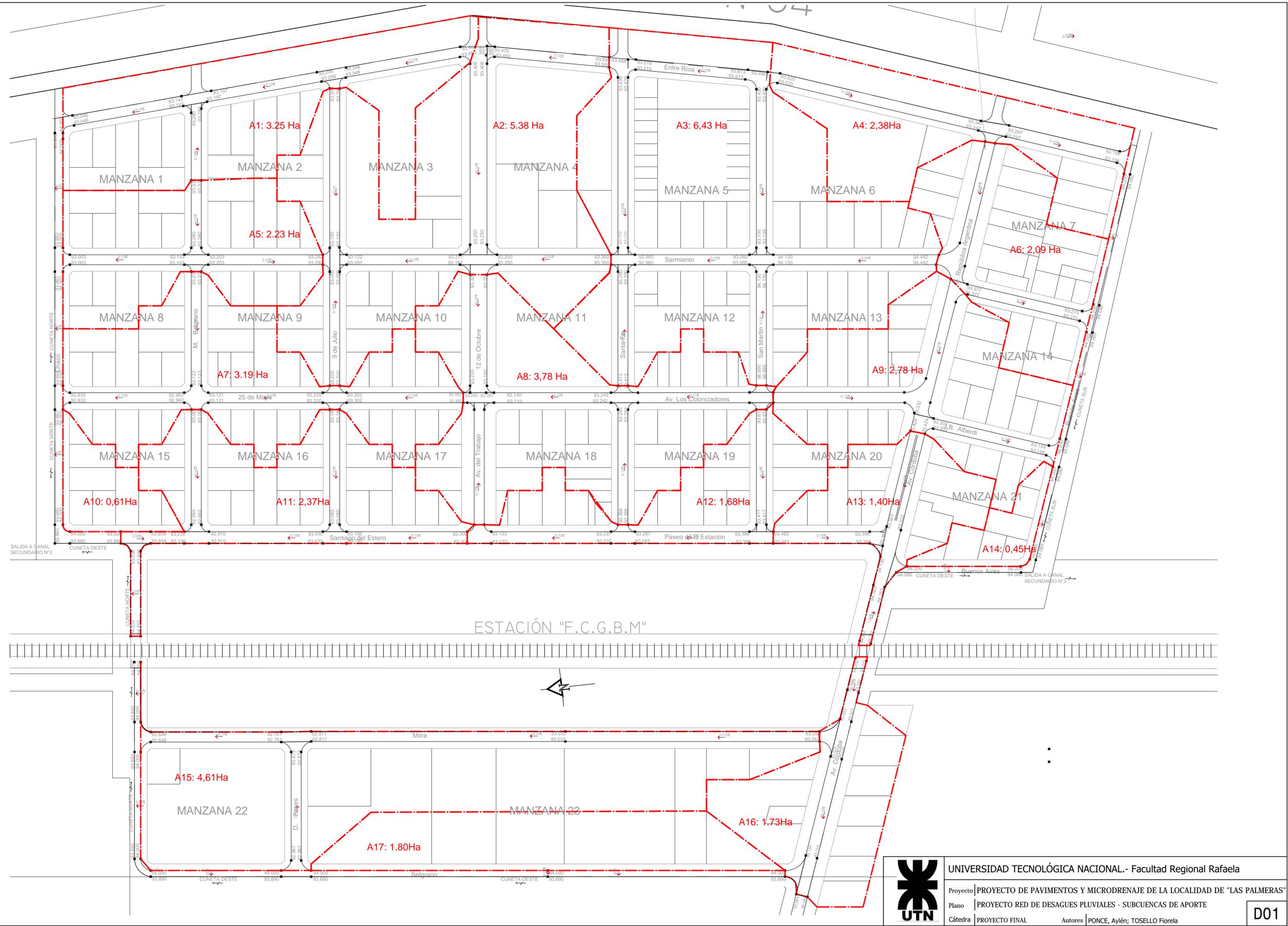
Proyecto | PROYECTO DE PAVIMENTOS Y MICRODRENAJE DE LA LOCALIDAD DE "LAS PALMERAS"

Plano | PROYECTO DE PAVIMENTOS - Paquete estructural

Cátedra | PROYECTO FINAL

Autores | PONCE, Aylén; TOSELLO Fiorela

P05



A1: 3.25 Ha

A2: 5.38 Ha

A3: 6.43 Ha

A4: 2.38Ha

A5: 2.23 Ha

A6: 2.09 Ha

A7: 3.19 Ha

A8: 3.78 Ha

A9: 2.78 Ha

A10: 0.61Ha

A11: 2.37Ha

A12: 1.68Ha

A13: 1.40Ha

A14: 0.45Ha

A15: 4.61Ha

A17: 1.80Ha

A16: 1.73Ha



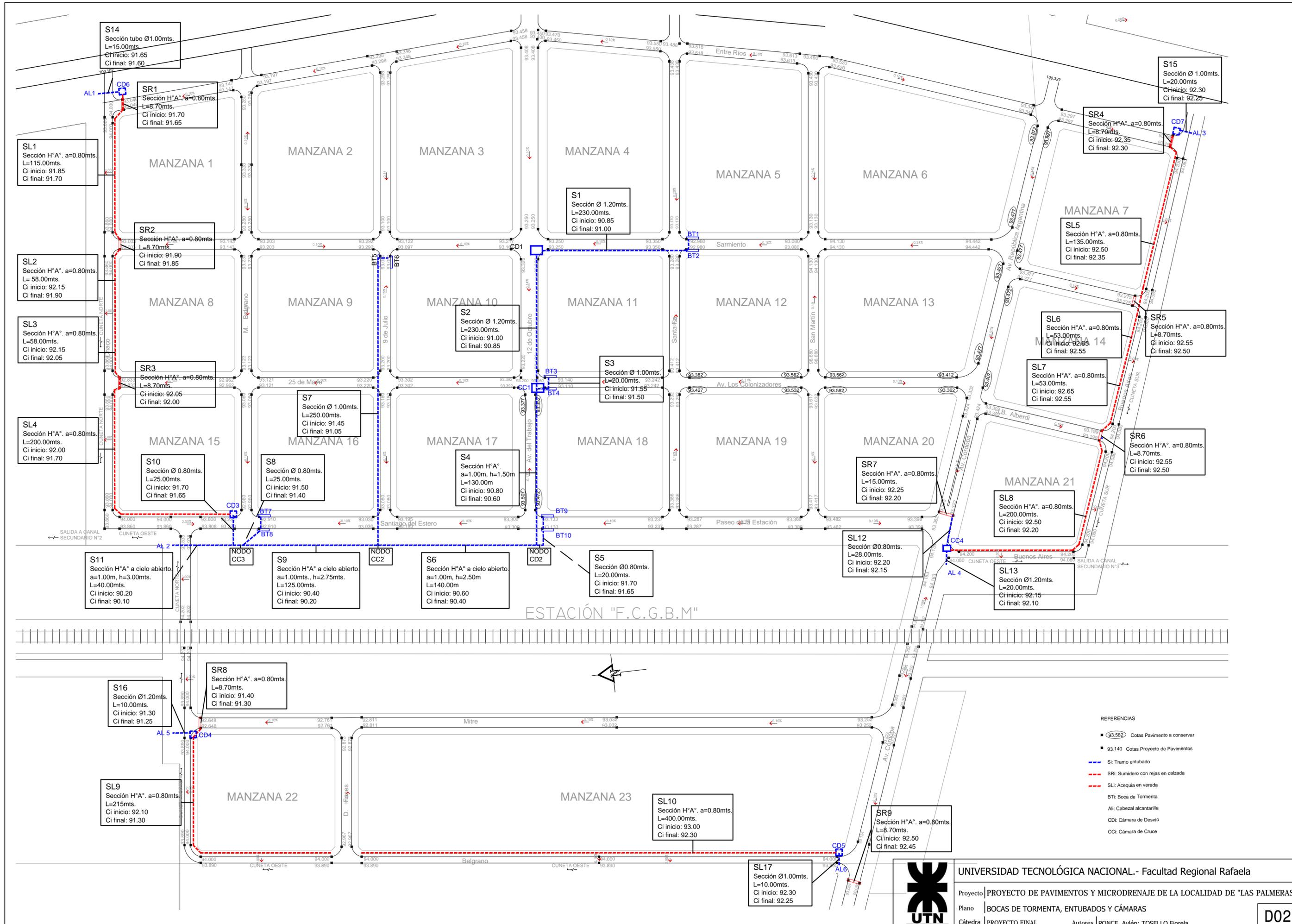
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.- Facultad Regional Rafaela

Proyecto | PROYECTO DE PAVIMENTOS Y MICRODRENAJE DE LA LOCALIDAD DE "LAS PALMERAS"

Plano | PROYECTO RED DE DESAGUES PLUVIALES - SUBCUENCAS DE APORTE

Cátedra | PROYECTO FINAL Autores | PONCE, Aylén; TOSELLO Fiorela

D01



S14
Sección tubo Ø1.00mts.
L=15.00mts.
Ci inicio: 91.65
Ci final: 91.60

SR1
Sección H²A² a=0.80mts.
L=8.70mts.
Ci inicio: 91.70
Ci final: 91.65

SL1
Sección H²A² a=0.80mts.
L=115.00mts.
Ci inicio: 91.85
Ci final: 91.70

SR2
Sección H²A² a=0.80mts.
L=8.70mts.
Ci inicio: 91.90
Ci final: 91.85

SL2
Sección H²A² a=0.80mts.
L= 58.00mts.
Ci inicio: 92.15
Ci final: 91.90

SL3
Sección H²A² a=0.80mts.
L=58.00mts.
Ci inicio: 92.15
Ci final: 92.05

SR3
Sección H²A² a=0.80mts.
L=8.70mts.
Ci inicio: 92.05
Ci final: 92.00

SL4
Sección H²A² a=0.80mts.
L=200.00mts.
Ci inicio: 92.00
Ci final: 91.70

S10
Sección Ø 0.80mts.
L=25.00mts.
Ci inicio: 91.70
Ci final: 91.65

S8
Sección Ø 0.80mts.
L=25.00mts.
Ci inicio: 91.50
Ci final: 91.40

S4
Sección H²A² a=1.00m, h=1.50m
L=130.00m
Ci inicio: 90.80
Ci final: 90.60

S3
Sección Ø 1.00mts.
L=20.00mts.
Ci inicio: 91.55
Ci final: 91.50

SR7
Sección H²A² a=0.80mts.
L=15.00mts.
Ci inicio: 92.25
Ci final: 92.20

SR6
Sección H²A² a=0.80mts.
L=8.70mts.
Ci inicio: 92.55
Ci final: 92.50

S11
Sección H²A² a cielo abierto
a=1.00m, h=3.00mts.
L=40.00mts.
Ci inicio: 90.20
Ci final: 90.10

S9
Sección H²A² a cielo abierto
a=1.00mts., h=2.75mts.
L=125.00mts.
Ci inicio: 90.40
Ci final: 90.20

S6
Sección H²A² a cielo abierto
a=1.00m, h=2.50m
L=140.00m
Ci inicio: 90.60
Ci final: 90.40

S5
Sección Ø0.80mts.
L=20.00mts.
Ci inicio: 91.70
Ci final: 91.65

SL12
Sección Ø0.80mts.
L=28.00mts.
Ci inicio: 92.20
Ci final: 92.15

SL13
Sección Ø1.20mts.
L=20.00mts.
Ci inicio: 92.15
Ci final: 92.10

SR8
Sección H²A² a=0.80mts.
L=8.70mts.
Ci inicio: 91.40
Ci final: 91.30

S16
Sección Ø1.20mts.
L=10.00mts.
Ci inicio: 91.30
Ci final: 91.25

SL9
Sección H²A² a=0.80mts.
L=215mts.
Ci inicio: 92.10
Ci final: 91.30

SL10
Sección H²A² a=0.80mts.
L=400.00mts.
Ci inicio: 93.00
Ci final: 92.30

SR9
Sección H²A² a=0.80mts.
L=8.70mts.
Ci inicio: 92.50
Ci final: 92.45

SL17
Sección Ø1.00mts.
L=10.00mts.
Ci inicio: 92.30
Ci final: 92.25

- REFERENCIAS
- 93.582 Cotas Pavimento a conservar
 - 93.140 Cotas Proyecto de Pavimentos
 - Si: Tramo entubado
 - SRi: Sumidero con rejillas en calzada
 - SLi: Acequia en vereda
 - BTi: Boca de Tormenta
 - ALi: Cabezal alcantarilla
 - CDi: Cámara de Desvío
 - CCi: Cámara de Cruce



ANEXO III: MATRIZ DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Anexo III-1: Matriz EIA

Anexo III-2: Balance de impactos

Anexo III-3: Clasificación de impactos

ANEXO III-1
Matriz de Estudio de Impacto Ambiental

PROYECTO DE PAVIMENTO Y MICRODRENAJE PLUVIAL DE LAS PALMERAS - PLAZO ESTIMADO 18 MESES														
ETAPAS	ACCIONES		FACTORES AMBIENTALES											
			FACTORES BIÓTICOS			FACTORES ABIÓTICOS					MEDIO SOCIO ECONÓMICO			
			Fauna	Flora (Cultivos)	Flora natural	Calidad de suelos	Calidad del aire	Calidad del agua	Ruidos	Hidráulica fluvial y escorrentías	Recursos locales y regionales	Mano de obra local	Ordenamiento territorial	Infraestructura y tránsito
PREPARACIÓN	MOVILIZACIÓN DE OBRA	Limpieza y nivelación	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTMHRY	(.....)	-3CTEBAY	-3PSEBAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	-3CTEBAY
		Armado de obrador	(.....)	(.....)	-1PTMHAY	-1PTMHAY	-1PTMHRY	-1CTMHAY	-2CTEBAY	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
		Abastecimiento de energía eléctrica	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-2CTEBAY	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
		Acopio de materiales y depósitos de suelo	(.....)	(.....)	-1PTMHAY	(.....)	-1PTMHRY	(.....)	-3CTEBAY	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
		Perforación p/agua consumo no humano	(.....)	-1PTMDAY	-1PTMDAY	(.....)	-1PTMHRY	(.....)	(.....)	+1PTEKAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
		Clasificación de residuos	+2CTMKAN	+2CTMKAY	+2CTMKAY	+3CTMKAY	(.....)	+3CTMKAY	(.....)	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
CONSTRUCCIÓN	ETAPAS	Replanteo y nivelación	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTMHRY	(.....)	-1CTEBAY	-1PSEBAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+1PSMKAN
		Desmante, traslado de suelo hasta acopio	-1PTMBAN	(.....)	-1PTMHAY	+1PTMKAY	-2CTMHRY	(.....)	-3CTEBAY	-1PSEBAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	+1PSMKAN
		Solución provisoria evacuación de escorrentias	(.....)	(.....)	-2PTMHAY	(.....)	-1PTMHRY	(.....)	-1CTEBAY	-1PTEBAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	-1PTEBAY
		Excavación y ejecución de entubados pluviales	-1PTMBAN	(.....)	-3PTMHAY	(.....)	-1CTMHRY	(.....)	-2CTEBAY	+3CSEKAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	+3CSMKAN
		Relleno y compactación de entubados	(.....)	(.....)	(.....)	+1PTMKAY	-1CTMHRY	(.....)	-2CTEBAY	-1PSEBAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	+3CSMKAN
		Preparación de subrasante	(.....)	(.....)	-1PTMHAY	+1PTMKAY	-2CTMHRY	(.....)	-3CTEBAY	-1PSEBAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+3CSMKAN
		Carga y preparación de subbase	(.....)	-1PTMHAY	-1PTMHAY	+1PTMKAY	-2CTMHRY	(.....)	-3CTEBAY	-1PSEBAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+3CSMKAN
		Demolición de tramos existentes	(.....)	-1PTMHAY	(.....)	(.....)	-1CTMHRY	(.....)	-3CTEBAY	-1PSEBAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+3CSMKAN
		Moldeado y hormigonado de calzada	(.....)	(.....)	-1PTMHAY	(.....)	-3CTMHRY	(.....)	-3CTEBAY	+3CSEKAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+3CSMKAN
		Aserrado de juntas	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTMHRY	(.....)	-1CTEBAY	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+1CSMKAN
		Ejecución de cordones	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTMHRY	(.....)	-1CTEBAY	+3CSEKAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+3CSMKAN
		Tomado de juntas	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTEBAY	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+1CSMKAN
	Calzado de veredas con suelo vegetal	+1CSMKAN	(.....)	+1CSMKAY	+2PSMKAY	+1CSMKRY	(.....)	-2CTEBAY	+3CSEKAY	+3PTEKRN	+3PTEKRN	+3CSMKAN	+1CSMKAN	
	EQUIPOS	Maquinarias viales y vehiculos de carga	-2PTEHAN	(.....)	-1PTEHAY	+1PTEKAY	-1CTEHRY	(.....)	-3CTEBAY	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	-3CTEBAY
		Grupo electrógeno y herramientas eléctricas	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTEHRY	(.....)	-2CTEBAY	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
		Herramientas de mano	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTEBAY	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
	RESIDUOS	Escombros	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
		Material de desperdicio	-2PTMBAN	(.....)	-2PTMBAY	-3PTMBAY	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+3PTEKRN	+3PTEKRN	(.....)	(.....)
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	ETAPAS	Limpieza y tomado de juntas de Hº	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1CVEBAY	(.....)	+3PVEKRN	+3PVEKRN	(.....)	+1CVMKAN
		Limpieza de cámaras de desagüe pluvial	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+1PVMKRY	+1PVMKAY	-1CVEBAY	+3CVEKAY	+3PVEKRN	+3PVEKRN	(.....)	+1CVMKAN
		Limpieza y desembanque de alcantarillas	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+1PVMKRY	+1PVMKAY	-1CVEBAY	+3CVEKAY	+3PVEKRN	+3PVEKRN	(.....)	+1CVMKAN
		Limpieza y readecuación de canalizaciones	(.....)	(.....)	(.....)	+3PVMKAY	+1PVMKRY	+1PVMKAY	-3CVEBAY	+3CVEKAY	+3PVEKRN	+3PVEKRN	(.....)	(.....)
	EQUIPOS	Maquinas viales	(.....)	(.....)	(.....)	-1PVEHAY	-1CVEHRY	(.....)	-3CVEBAY	(.....)	+3PVEKRN	+3PVEKRN	(.....)	-2PVEBAY
		Herramientas	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1CVEBAY	(.....)	+3PVEKRN	+3PVEKRN	(.....)	(.....)

ANEXO III-2

Cantidad de elementos analizados

Elementos analizados	Total	% Casilleros	% Impactos
Casilleros de la Matriz			
Nº de Casilleros que DEMANDAN Evaluación	191	53,06%	---
Nº de Casilleros que NO DEMANDAN Evaluación	169	46,94%	---
Cantidad de Casilleros	360	100,00%	---
Impactos			
POSITIVOS	113	---	59,16%
NEGATIVOS	78	---	40,84%
X----Y	0	---	0,00%

ANEXO III-3

Evaluación de impactos Positivos

Total de positivos		113
Escala de Evaluación	Total	%
Importancia		
Menor (1)	22	19,47%
Mediana (2)	4	3,54%
Mayor (3)	87	76,99%
Probabilidad de Ocurrencia		
Cierta (C)	37	32,74%
Posible (P)	76	67,26%
Improbable (I)	0	0,00%
Desconocida (D)	0	0,00%
Duración		
Temporaria (T)	59	52,21%
Recurrente (V)	25	22,12%
Permanente (S)	29	25,66%
Termino de Ocurrencia		
Inmediato (E)	69	61,06%
Mediato (M)	44	38,94%
A largo plazo (L)	0	0,00%
Reversibilidad del Impacto		
Reversible a Corto Plazo (B)	0	0,00%
Reversible a Mediano Plazo (D)	0	0,00%
Reversible a Largo Plazo (H)	0	0,00%
Irreversible (I)	0	0,00%
No considerado (K)	113	100,00%
Extensión		
Focalizada (F)	0	0,00%
Local (A)	49	43,36%
Regional (R)	64	56,64%
Global (G)	0	0,00%

Evaluación de impactos Negativos

Total de negativos		78
Escala de Evaluación	Total	%
Importancia		
Menor (1)	49	62,82%
Mediana (2)	13	16,67%
Mayor (3)	16	20,51%
Probabilidad de Ocurrencia		
Cierta (C)	38	48,72%
Posible (P)	40	51,28%
Improbable (I)	0	0,00%
Desconocida (D)	0	0,00%
Duración		
Temporaria (T)	62	79,49%
Recurrente (V)	9	11,54%
Permanente (S)	7	8,97%
Termino de Ocurrencia		
Inmediato (E)	44	56,41%
Mediato (M)	34	43,59%
A largo plazo (L)	0	0,00%
Reversibilidad del Impacto		
Reversible a Corto Plazo (B)	43	55,13%
Reversible a Mediano Plazo (D)	2	2,56%
Reversible a Largo Plazo (H)	33	42,31%
Irreversible (I)	0	0,00%
No considerado (K)	0	0,00%
Extensión		
Focalizada (F)	0	0,00%
Local (A)	60	76,92%
Regional (R)	18	23,08%
Global (G)	0	0,00%

ANEXO IV: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

Anexo IV-1: Planilla cómputo y presupuesto

Anexo IV-2: Planilla auxiliar pavimentos

Anexo IV-3: Planilla auxiliar desagües pluviales

Anexo IV- 4: Coeficiente de resumen

Anexo IX- 5: Análisis de precios

CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

OBRA: URBANIZACIÓN LAS PALMERAS, SANTA FE.
RUBRO: PAVIMENTOS Y DESAGÜES PLUVIALES

Rubro	Designación Rubro	Un.	Precio Unit.	Cantidad	Subtotal	Incidencia (%)
1	PAVIMENTOS					
1.1	Excavación de caja	m3	\$ 648.83	14038.95	\$ 9,108,918.71	1.04%
1.2	Sanearamiento y terraplenamiento hasta nivel de subrasante	m3	\$ 1,396.45	8198.93	\$ 11,449,385.96	1.31%
1.3	Compactación de subrasante	m2	\$ 224.67	81989.35	\$ 18,420,710.57	2.11%
1.4	Base suelo cal e: 20cm	m3	\$ 4,203.18	1671.85	\$ 7,027,076.36	0.80%
1.5	Pavimento de hormigón H-30 de 15 cm de espesor	m2	\$ 6,126.28	74562.39	\$ 456,789,735.04	52.22%
1.6	Cordón tipo - H° H-30	ml	\$ 2,279.32	11429.14	\$ 26,050,662.02	2.98%
1.7	Mantenimiento de calzada existente	m2	\$ 380.41	4953.67	\$ 1,884,445.04	0.22%
1.8	Demolición de calzada existente	m2	\$ 1,107.12	1598.63	\$ 1,769,869.71	0.20%
1.9	Demolición de cordón cuneta existente	m2	\$ 1,408.24	665.57	\$ 937,287.93	0.11%
TOTAL RUBRO					\$ 533,438,091.34	60.98%

2	DESAGÜES PLUVIALES					
2.1	Bocas de tormenta				\$ 2,413,223.52	0.28%
2.1.1	Bocas 1.00m x 1.00m x 1.90m	Un	\$ 186,614.24	4.00	\$ 746,456.96	0.09%
2.1.2	Bocas 1.50m x 1.00m x 1.90m	Un	\$ 248,661.49	2.00	\$ 497,322.98	0.06%
2.1.3	Bocas 2.00m x 1.00m x 2.00m	Un	\$ 292,360.90	4.00	\$ 1,169,443.58	0.13%
2.2	Sumideros interceptores de trinchera				\$ 244,137,317.58	27.91%
2.2.1	Trinchera interceptora p/ tránsito vehicular a=0.80m	ml	\$ 189,106.05	89.60	\$ 16,943,901.90	1.94%
2.2.2	Trinchera interceptora p/ tránsito peatonal a=0.80m	ml	\$ 147,528.19	1540.00	\$ 227,193,415.68	25.97%
2.3	Entubado				\$ 31,336,712.85	3.58%
2.3.1	Entubado 1 caño Ø800	m	\$ 35,081.94	160.00	\$ 5,613,110.35	0.64%
2.3.2	Entubado 1 caño Ø1000	m	\$ 40,333.71	335.00	\$ 13,511,791.34	1.54%
2.3.3	Entubado 1 caño Ø1200	m	\$ 43,613.61	280.00	\$ 12,211,811.15	1.40%
2.4	Entubado de H°A° sección rectangular				\$ 62,852,144.52	7.22%
2.4.1	Entubado H°A° - a=1,00m x h=1,50m (cerrado)	m	\$ 98,945.16	130.00	\$ 14,662,213.27	1.71%
2.4.2	Entubado H°A° - a=1,00m x h=2,50m (abierto)	m	\$ 100,317.36	300.00	\$ 30,095,208.96	3.44%
2.4.3	Entubado H°A° - a=1,00m x h=2,75m (abierto)	m	\$ 103,800.58	125.00	\$ 12,975,072.80	1.48%
2.4.4	Entubado H°A° - a=1,00m x h=3,00m (cerrado)	m	\$ 127,991.24	40.00	\$ 5,119,649.48	0.59%
2.5	Cámaras de desvío - Cámaras de cruce				\$ 1,812,927.68	0.21%
2.5.1	CC1 - 1.80m x 2.00m x 2.80m	Un	\$ 313,332.35	1.00	\$ 313,332.35	0.04%
2.5.2	CC4 - 1.40m x 1.40m x 2.10m	Un	\$ 209,510.40	1.00	\$ 209,510.40	0.02%
2.5.3	CD1 - 1.80m x 1.80m x 2.80m	Un	\$ 287,335.68	1.00	\$ 287,335.68	0.03%
2.5.4	CD3 - 1.40m x 1.40m x 2.00m	Un	\$ 199,695.10	1.00	\$ 199,695.10	0.02%
2.5.5	CD4 - 1.40m x 1.80m x 2.80m	Un	\$ 258,826.37	1.00	\$ 258,826.37	0.03%
2.5.6	CD5 - 1.40m x 1.60m x 1.80m	Un	\$ 204,336.00	1.00	\$ 204,336.00	0.02%
2.5.7	CD6 - 1.40m x 1.60m x 1.20m	Un	\$ 177,690.88	1.00	\$ 177,690.88	0.02%
2.5.8	CD7 - 1.40m x 1.60m x 1.00m	Un	\$ 162,200.90	1.00	\$ 162,200.90	0.02%
2.6	Cabezal Entubado Salidas				\$ 1,615,703.32	0.18%
2.6.1	Cabezal 1Ø 1000mm (AL 1-AL 3-AL 6)	Un	\$ 250,616.95	3.00	\$ 751,850.84	0.09%
2.6.2	Cabezal 1,00mx3,000m (AL 2)	Un	\$ 439,822.40	1.00	\$ 439,822.40	0.05%
2.6.3	Cabezal 1Ø 1200mm(AL 4- AL5)	Un	\$ 212,015.04	2.00	\$ 424,030.08	0.05%
TOTAL RUBRO					\$ 281,315,884.95	32.16%

3	MOVIMIENTO DE SUELOS					
3.1	Relleno cunetas - veredas	m3	\$ 2,725.52	4050.00	\$ 11,038,356.00	1.26%
TOTAL RUBRO					\$ 11,038,356.00	1.26%

4	HIGIENE Y SEGURIDAD DE OBRA, MEDIO AMBIENTE					
4.1	Provisión de elementos de higiene y seguridad	gl	\$ 2,948,935.00	1.00	\$ 2,948,935.00	0.34%
4.2	Plan de gestión ambiental	gl	\$ 1,825,356.50	1.00	\$ 1,825,356.50	0.21%
TOTAL RUBRO					\$ 4,774,291.50	0.55%

5	INGENIERÍA DE OBRA					
5.1	Aportes Profesionales	gl	\$ 44,194,489.00	1.00	\$ 44,194,489.00	5.05%
TOTAL RUBRO					\$ 44,194,489.00	5.05%

TOTAL PRESUPUESTO					\$ 874,761,112.79	100.00%
--------------------------	--	--	--	--	--------------------------	----------------

PLANILLA AUXILIAR PAVIMENTOS

OBRA: URBANIZACIÓN LAS PALMERAS, SANTA FE.

RUBRO: PAVIMENTOS Y DESAGÜES PLUVIALES

Rubro	Designación Rubro	Un.	A conservar	A demoler	A construir	Imprevistos	Cómputo
1	PAVIMENTOS						
1.1	Excavación de caja(0.15m en calles comunes y 0.35m en desvío)	m3	-		12,762.68	10%	14,038.95
1.2	Saneamiento y terraplenamiento hasta nivel de subrasante	m3			7,453.58	10%	8,198.93
1.3	Compactación de subrasante	m2			74,535.77	10%	81,989.35
1.4	Base suelo cal e: 20cm	m3			1,519.86	10%	1,671.85
1.5	Pavimento de hormigón H-30 de 15 cm de espesor	m2	67,783.99			10%	74,562.39
1.6	Cordón tipo - H° H-30	ml			10,390.13	10%	11,429.14
1.7	Mantenimiento de calzada existente	m2	4,717.78			5%	4,953.67
1.8	Demolición de calzada existente	m2		1,522.50		5%	1,598.63
1.9	Demolición de cordón cuneta existente	m2		633.88		5%	665.57

Bocas de tormenta (BT)						
N°	Dimensiones			Vol.(m3)	Cotas	
	l	a	h		Cota de fondo	Cota pavimento
1	2.00	1.00	2.08	2.75	90.90	92.98
2	2.00	1.00	2.13	2.80	90.85	92.98
3	1.50	1.00	1.89	2.12	91.25	93.14
4	1.50	1.00	1.91	2.13	91.20	93.11
5	2.00	1.00	1.90	2.59	91.15	93.05
6	2.00	1.00	1.85	2.55	91.20	93.05
7	1.00	1.00	1.94	1.68	91.25	93.20
8	1.00	1.00	1.99	1.71	91.20	93.20
9	1.00	1.00	1.68	1.52	91.45	93.13
10	1.00	1.00	1.73	1.55	91.40	93.13

Esp. Tabiques (m) 0.15
Esp. Platea (m) 0.15
Esp. Tapa (m) 0.10

CÁMARAS DE INSPECCIÓN Y DE LIMPIEZA (CD-CC)								
N°	Secciones		Dimensiones			Vol.(m3)	Cotas	
	S ingreso	S salida	A	L	h		Cota de fondo	Cota pavimento
CC1	Ø1.2	1.40	1.80	2.00	2.80	4.57	90.55	93.35
CC4	0.80	1.20	1.40	1.40	2.05	2.57	92.15	94.20
CD1	1.20	1.20	1.80	1.80	2.63	4.10	90.70	93.33
CD3	0.80	0.80	1.40	1.40	1.83	2.39	91.40	93.23
CD4	0.80	1.20	1.40	1.80	2.70	3.63	91.30	94.00
CD5	0.80	1.00	1.40	1.60	1.70	2.47	92.30	94.00
CD6	0.80	1.00	1.40	1.60	1.10	1.93	91.95	93.05
CD7	0.80	1.00	1.40	1.60	0.90	1.75	92.30	93.20

Esp. Tabiques (m) 0.15
Esp. Platea (m) 0.15
Esp. Tapa (m) 0.10

Nota: NCD2, NCC2 y NCC3, constituyen nodos del sistema de desague.

Sumideros (SR - SL)							
N°	Dimensiones			Vol. (m3)	Cotas fondo		Cota pavimento
	l	a	h		Cota inicio	Cota final	
SR1	8.70	0.80	1.35	5.76	91.70	91.65	93.05
SL1	120.00	0.80	VARIABLE	70.59	91.85	91.70	93.30
SR2	8.70	0.80	1.10	5.05	91.90	91.85	93.00
SL2	60.00	0.80	VARIABLE	29.10	92.15	91.90	93.30
SL3	60.00	0.80	VARIABLE	27.28	92.15	92.05	93.30
SR3	8.70	0.80	0.78	4.14	92.05	92.00	92.83
SL4	215.00	0.80	VARIABLE	97.03	92.00	91.70	93.30
SR4	8.70	0.80	0.85	4.34	92.35	92.30	93.20
SL5	135.00	0.80	VARIABLE	61.03	92.50	92.35	93.80
SR5	8.70	0.80	0.73	3.98	92.55	92.50	93.28
SL6	60.00	0.80	VARIABLE	25.45	92.65	92.55	93.70
SL7	60.00	0.80	VARIABLE	25.45	92.65	92.55	93.70
SR6	8.70	0.80	0.65	3.77	92.55	92.50	93.20
SL8	205.00	0.80	VARIABLE	83.27	92.50	92.20	93.70
SR7	20.00	0.80	1.07	10.96	92.25	92.20	93.32
SR8	8.70	0.80	1.25	5.48	91.40	91.35	92.65
SL9	215.00	0.80	VARIABLE	119.69	92.10	91.70	93.30
SR9	8.70	0.80	0.58	3.58	92.50	92.45	93.09
SL10	410.00	0.80	VARIABLE	166.29	93.00	92.30	93.30

Esp. Tabiques (m) 0.15
 Esp. Platea (m) 0.15

Entubados (S)							
N°	Inicio	Fin	Dimensiones (m)			Cotas intrauno	
			Diámetro/ Sección	Longitud	Q (m3/s)	Inicio	Fin
1	BT2	CD1	1.20	115.00	1.21	91.15	91.00
2	CD1	CC1	1.20	115.00	1.21	91.00	90.85
3	BT4	CC1	1.00	20.00	0.72	91.55	91.50
4	CC1	NCD2	1,00x1,50(C)	130.00	1.93	90.85	90.60
5	BT10	NCD2	0.80	20.00	0.30	91.70	91.65
6	NCD2	NCC2	1,00x2,50(A)	140.00	2.23	90.60	90.40
7	BT5	NCC2	1.00	250.00	0.88	91.45	91.05
8	BT8	NCC3	0.80	25.00	0.46	91.50	91.40
9	NCC2	NCC3	1,00x2,75(A)	125.00	3.11	90.40	90.20
10	CD3	NCC3	0.80	25.00	0.75	91.70	91.65
11	NCC3	AL 2	1,00x3,00 (C)	40.00	4.32	90.20	90.10
12	SR7	CC4	0.80	27.00	0.28	92.20	92.10
13	CC4	AL 4	1.20	15.00	0.89	92.15	92.10
14	CD6	AL 1	1.00	15.00	0.98	91.65	91.60
15	CD7	AL 3	1.00	10.00	0.82	92.30	92.25
16	CD4	AL 5	1.20	10.00	0.69	91.30	91.25
17	CD5	AL 6	1.00	10.00	0.30	92.30	92.25
1.1	BT1	BT2	0.80	9.50	0.60	91.20	91.15
3.1	BT3	BT4	0.80	9.50	0.36	91.55	91.50
7.1	BT5	BT6	0.80	9.50	0.44	91.50	91.45
8.1	BT7	BT8	0.80	11.00	0.23	91.55	91.50
5.1	BT9	BT10	0.80	11.00	0.15	91.75	91.70

Nota: NCD2, NCC2 y NCC3, constituyen nodos del sistema de desague.

CÁLCULO DEL COEFICIENTE RESUMEN

Costo neto	=	1.000	(1)
			+
Gastos generales e indirectos (15% de (1))	=	0.150	(2)
			+
Beneficios (10% de (1+2))	=	<u>0.115</u>	
Financieros (5% de (1+2))	=	<u>0.058</u>	
		1.323	(a)
			+
A.P.I. - I.I.B. (0% de (a))	=	0.000	(b)
IVA (21% de (a))	=	0.278	(c)
COEFICIENTE RESUMEN (C.R.) (a+b+c)	=	1.600	
COEFICIENTE ADOPTADO	=	1.600	

1.1 Excavación de caja		m3	
Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales			
			\$ -
Mano de obra			
Oficial esp.	hs	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs 0.10	\$ 764.00	\$ 72.58
Ayudante	hs 0.02	\$ 647.00	\$ 12.94
Equipos			
Motoniveladora	hs 0.03	\$ 6,500.00	\$ 195.00
Retroexcavadora	hs 0.01	\$ 6,500.00	\$ 65.00
Camión	hs 0.02	\$ 3,000.00	\$ 60.00
Costo Unitario			\$ 405.52
Precio Unitario			\$ 648.83

1.2 Saneamiento y terraplenamiento hasta nivel de subrasante		m3	
Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales			
Suelo seleccionado	m3 1.30	\$ 600.00	\$ 780.00
Mano de obra			
Oficial esp.	hs 0.01	\$ 896.00	\$ 8.96
Oficial	hs 0.01	\$ 764.00	\$ 3.82
Ayudante	hs 0.00	\$ 647.00	\$ -
Equipos			
Camión	hs 0.01	\$ 3,000.00	\$ 15.00
Motoniveladora	hs 0.01	\$ 6,500.00	\$ 65.00
Costo Unitario			\$ 872.78
Precio Unitario			\$ 1,396.45

1.3 Compactación de subrasante		m2	
Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales			
			\$ -
Mano de obra			
Oficial esp.	hs	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs 0.03	\$ 764.00	\$ 22.92
Ayudante	hs 0.00	\$ 647.00	\$ -
Equipos			
Vibrocompactador	hs 0.02	\$ 6,500.00	\$ 97.50
Regador	hs 0.01	\$ 4,000.00	\$ 20.00
Costo Unitario			\$ 140.42
Precio Unitario			\$ 224.67

1.4 Base suelo cal e: 20cm m3

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Cal Vial	Tn	0.05	\$ 12,900.00	\$ 696.60
Suelo seleccionado	m3	1.30	\$ 600.00	\$ 780.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	0.03	\$ 764.00	\$ 22.92
Ayudante	hs	0.01	\$ 647.00	\$ 6.47
Equipos				
Vibrocompactador	hs	0.02	\$ 6,500.00	\$ 123.50
Motoniveladora	hs	0.10	\$ 6,500.00	\$ 617.50
Tractor c/disco	hs	0.10	\$ 4,000.00	\$ 380.00
Minicargadora	hs	0.10	\$ 5,000.00	\$ 475.00
Costo Unitario			\$ 2,626.99	
Precio Unitario			\$ 4,203.18	

1.5 Pavimento de hormigón H-30 de 15 cm de espesor m2

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H30	m3	0.17	\$ 13,069.67	\$ 2,156.50
Membrana de curado	tambor	0.00	\$ 101,446.28	\$ 152.17
Asfalto	Kg	0.60	\$ 311.57	\$ 186.94
Arena	tn	0.05	\$ 1,792.56	\$ 80.67
Mano de obra				
Oficial esp.	hs			\$ -
Oficial	hs	0.75	\$ 764.00	\$ 573.00
Ayudante	hs	0.95	\$ 647.00	\$ 614.65
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.01	\$ 6,500.00	\$ 65.00
Costo Unitario			\$ 3,828.92	
Precio Unitario			\$ 6,126.28	

1.6 Cordón tipo - H° H-30 ml

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-30	m3	0.02	\$ 13,069.67	\$ 323.47
Acero ADN420	Kg	0.60	\$ 205.00	\$ 123.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs			\$ -
Oficial	hs	0.45	\$ 764.00	\$ 343.80
Ayudante	hs	0.90	\$ 647.00	\$ 582.30
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.01	\$ 6,500.00	\$ 52.00
Costo Unitario			\$ 1,424.57	
Precio Unitario			\$ 2,279.32	

1.7 Mantenimiento de calzada existente m2

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Sellador para juntas/fisuras en frío	tn	0.00025	\$ 225,435.00	\$ 56.36
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	0.00	\$ 764.00	\$ -
Ayudante	hs	0.20	\$ 647.00	\$ 129.40
Equipos				
Equipo sellador de juntas	hs	0.15	\$ 280.00	\$ 42.00
Soplete	hs	0.05	\$ 200.00	\$ 10.00
Costo Unitario				\$ 237.76
Precio Unitario				\$ 380.41

1.8 Demolición de calzada existente m2

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
				\$ -
Mano de obra				
Oficial esp.	hs		\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	0.15	\$ 764.00	\$ 114.60
Ayudante	hs	0.05	\$ 647.00	\$ 32.35
Equipos				
Martillo demoledor	hs	0.15	\$ 3,000.00	\$ 450.00
Retroexcavadora	hs	0.01	\$ 6,500.00	\$ 65.00
Camión	hs	0.01	\$ 3,000.00	\$ 30.00
Costo Unitario				\$ 691.95
Precio Unitario				\$ 1,107.12

1.9 Demolición de cordón cuneta existente m2

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
				\$ -
Mano de obra				
Oficial esp.	hs		\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	0.20	\$ 764.00	\$ 152.80
Ayudante	hs	0.05	\$ 647.00	\$ 32.35
Equipos				
Martillo demoledor	hs	0.20	\$ 3,000.00	\$ 600.00
Retroexcavadora	hs	0.01	\$ 6,500.00	\$ 65.00
Camión	hs	0.01	\$ 3,000.00	\$ 30.00
Costo Unitario				\$ 880.15
Precio Unitario				\$ 1,408.24

2.1.1 Bocas 1.00m x 1.00m x 1.90m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	1.70	\$ 1,792.00	\$ 3,046.40
Acero ADN420	Kg	190.00	\$ 205.00	\$ 38,950.00
Rejas	Gl	1.00	\$ 21,250.00	\$ 21,250.00
Alambres, clavos	kg	6.00	\$ 410.00	\$ 2,460.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	4.00	\$ 1,792.00	\$ 7,168.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	17.00	\$ 764.00	\$ 12,988.00
Ayudante	hs	34.50	\$ 647.00	\$ 22,321.50
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	3.00	\$ 650.00	\$ 1,950.00
Costo Unitario			\$ 116,633.90	
Precio Unitario			\$ 186,614.24	

2.1.2 Bocas 1.50m x 1.00mx 1.90m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	2.15	\$ 10,455.20	\$ 22,478.68
Acero ADN420	Kg	220.00	\$ 205.00	\$ 45,100.00
Rejas	Gl	1.00	\$ 24,200.00	\$ 24,200.00
Alambres, clavos	kg	6.00	\$ 410.00	\$ 2,460.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	5.00	\$ 1,792.00	\$ 8,960.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	21.50	\$ 764.00	\$ 16,426.00
Ayudante	hs	41.25	\$ 647.00	\$ 26,688.75
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	4.00	\$ 650.00	\$ 2,600.00
Costo Unitario			\$ 155,413.43	
Precio Unitario			\$ 248,661.49	

2.1.3 Bocas Bocas 2.00m x 1.00mx 2.00m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	2.80	\$ 10,455.20	\$ 29,274.56
Acero ADN420	Kg	250.00	\$ 205.00	\$ 51,250.00
Rejas	Gl	1.00	\$ 25,500.00	\$ 25,500.00
Alambres, clavos	kg	6.00	\$ 410.00	\$ 2,460.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	6.00	\$ 1,792.00	\$ 10,752.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	28.00	\$ 764.00	\$ 21,392.00
Ayudante	hs	51.00	\$ 647.00	\$ 32,997.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	4.00	\$ 650.00	\$ 2,600.00
Costo Unitario			\$ 182,725.56	
Precio Unitario			\$ 292,360.90	

2.2.1 Trinchera interceptora p/ tránsito vehicular a=0.80m		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	0.65	\$ 10,455.20	\$ 6,795.88
Acero ADN420	Kg	52.00	\$ 205.00	\$ 10,660.00
Alambres, clavos	kg	4.00	\$ 410.00	\$ 1,640.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	1.20	\$ 1,792.00	\$ 2,150.40
Rejas	m2	0.80	\$ 65,000.00	\$ 52,000.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	35.00	\$ 647.00	\$ 22,645.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario				\$ 118,191.28
Precio Unitario				\$ 189,106.05

2.2.2 Trinchera interceptora p/ tránsito peatonal a=0.80m		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	0.60	\$ 10,455.20	\$ 6,273.12
Acero ADN420	Kg	42.00	\$ 205.00	\$ 8,610.00
Alambres, clavos	kg	4.00	\$ 410.00	\$ 1,640.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	1.00	\$ 1,792.00	\$ 1,792.00
Rejas	m2	0.80	\$ 45,000.00	\$ 36,000.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	15.00	\$ 764.00	\$ 11,460.00
Ayudante	hs	30.00	\$ 647.00	\$ 19,410.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario				\$ 92,205.12
Precio Unitario				\$ 147,528.19

2.3.1 Entubado 1 caño Ø800		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Tubo de hormigón 800mm	ml	1.05	\$ 13,818.00	\$ 14,508.90
Arena	Tn	0.24	\$ 1,792.56	\$ 423.49
Cemento	Bolsa	0.12	\$ 1,131.00	\$ 135.72
Mano de obra				
Oficial esp.	hs		\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	0.90	\$ 764.00	\$ 687.60
Ayudante	hs	1.50	\$ 647.00	\$ 970.50
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.70	\$ 6,500.00	\$ 4,550.00
Compactador tipo cangurito	hs	1.00	\$ 650.00	\$ 650.00
Costo Unitario				\$ 21,926.21
Precio Unitario				\$ 35,081.94

2.3.2 Entubado 1 caño Ø1000		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Tubo de hormigón 1000mm	ml	1.05	\$ 16,857.96	\$ 17,700.86
Arena	Tn	0.27	\$ 1,792.56	\$ 479.96
Cemento	Bolsa	0.15	\$ 1,131.00	\$ 169.65
Mano de obra				
Oficial esp.	hs		\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	0.90	\$ 764.00	\$ 687.60
Ayudante	hs	1.50	\$ 647.00	\$ 970.50
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.70	\$ 6,500.00	\$ 4,550.00
Compactador tipo cangurito	hs	1.00	\$ 650.00	\$ 650.00
Costo Unitario				\$ 25,208.57
Precio Unitario				\$ 40,333.71

2.3.3 Entubado 1 caño Ø1200		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Tubo de hormigón 1200mm	ml	1.05	\$ 18,654.30	\$ 19,587.02
Arena	Tn	0.35	\$ 1,792.56	\$ 621.12
Cemento	Bolsa	0.17	\$ 1,131.00	\$ 192.27
Mano de obra				
Oficial esp.	hs		\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	0.90	\$ 764.00	\$ 687.60
Ayudante	hs	1.50	\$ 647.00	\$ 970.50
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.70	\$ 6,500.00	\$ 4,550.00
Compactador tipo cangurito	hs	1.00	\$ 650.00	\$ 650.00
Costo Unitario				\$ 27,258.51
Precio Unitario				\$ 43,613.61

2.4.1 Entubado H°A° - a=1,00m x h=1,50m (cerrado)		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-25	m3	0.95	\$ 12,546.24	\$ 11,918.93
Acero ADN420	Kg	85.50	\$ 205.00	\$ 17,527.50
Alambres, clavos	kg	5.00	\$ 410.00	\$ 2,050.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	1.90	\$ 1,792.00	\$ 3,404.80
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	6.00	\$ 896.00	\$ 5,376.00
Oficial	hs	15.00	\$ 764.00	\$ 11,460.00
Ayudante	hs	8.00	\$ 647.00	\$ 5,176.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.40	\$ 6,500.00	\$ 2,600.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.35	\$ 650.00	\$ 227.50
Camión volcador	hs	0.70	\$ 3,000.00	\$ 2,100.00
Costo Unitario				\$ 61,840.73
Precio Unitario				\$ 98,945.16

2.4.2 Entubado H°A° - a=1,00m x h=2,50m (abierto)		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-25	m3	1.05	\$ 12,546.24	\$ 13,173.55
Acero ADN420	Kg	94.50	\$ 205.00	\$ 19,372.50
Alambres, clavos	kg	5.00	\$ 410.00	\$ 2,050.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	2.65	\$ 1,792.00	\$ 4,748.80
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	6.00	\$ 896.00	\$ 5,376.00
Oficial	hs	12.00	\$ 764.00	\$ 9,168.00
Ayudante	hs	6.00	\$ 647.00	\$ 3,882.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.40	\$ 6,500.00	\$ 2,600.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.35	\$ 650.00	\$ 227.50
Camión volcador	hs	0.70	\$ 3,000.00	\$ 2,100.00
Costo Unitario				\$ 62,698.35
Precio Unitario				\$ 100,317.36

2.4.3 Entubado H°A° - a=1,00m x h=2,75m (abierto)		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-25	m3	1.10	\$ 12,546.24	\$ 13,800.86
Acero ADN420	Kg	99.00	\$ 205.00	\$ 20,295.00
Alambres, clavos	kg	5.00	\$ 410.00	\$ 2,050.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	3.00	\$ 1,792.00	\$ 5,376.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	6.00	\$ 896.00	\$ 5,376.00
Oficial	hs	12.00	\$ 764.00	\$ 9,168.00
Ayudante	hs	6.00	\$ 647.00	\$ 3,882.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.40	\$ 6,500.00	\$ 2,600.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.35	\$ 650.00	\$ 227.50
Camión volcador	hs	0.70	\$ 3,000.00	\$ 2,100.00
Costo Unitario				\$ 64,875.36
Precio Unitario				\$ 103,800.58

2.4.4 Entubado H°A° - a=1,00m x h=3,00m (cerrado)		ml		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-25	m3	1.43	\$ 12,546.24	\$ 17,941.12
Acero ADN420	Kg	128.70	\$ 205.00	\$ 26,383.50
Alambres, clavos	kg	5.00	\$ 410.00	\$ 2,050.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	3.45	\$ 1,792.00	\$ 6,182.40
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	8.00	\$ 896.00	\$ 7,168.00
Oficial	hs	15.00	\$ 764.00	\$ 11,460.00
Ayudante	hs	6.00	\$ 647.00	\$ 3,882.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.40	\$ 6,500.00	\$ 2,600.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.35	\$ 650.00	\$ 227.50
Camión volcador	hs	0.70	\$ 3,000.00	\$ 2,100.00
Costo Unitario				\$ 79,994.52
Precio Unitario				\$ 127,991.24

2.5.1 CC1 - 1.80m x 2.00m x 2.80m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	4.60	\$ 10,455.20	\$ 48,093.92
Acero ADN420	Kg	368.00	\$ 205.00	\$ 75,440.00
Alambres, clavos	kg	9.00	\$ 410.00	\$ 3,690.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	11.40	\$ 1,792.00	\$ 20,428.80
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	40.00	\$ 647.00	\$ 25,880.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario				\$ 195,832.72
Precio Unitario				\$ 313,332.35

2.5.2 CC4 - 1.40m x 1.40m x 2.10m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	2.60	\$ 10,455.20	\$ 27,183.52
Acero ADN420	Kg	208.00	\$ 205.00	\$ 42,640.00
Alambres, clavos	kg	5.00	\$ 410.00	\$ 2,050.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	6.44	\$ 1,792.00	\$ 11,540.48
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	40.00	\$ 647.00	\$ 25,880.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	0.90	\$ 6,500.00	\$ 5,850.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario				\$ 130,944.00
Precio Unitario				\$ 209,510.40

2.5.3 CD1 - 1.80m x 1.80m x 2.80m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	4.10	\$ 10,455.20	\$ 42,866.32
Acero ADN420	Kg	328.00	\$ 205.00	\$ 67,240.00
Alambres, clavos	kg	6.00	\$ 410.00	\$ 2,460.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	10.44	\$ 1,792.00	\$ 18,708.48
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	40.00	\$ 647.00	\$ 25,880.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	1.00	\$ 650.00	\$ 650.00
Costo Unitario				\$ 179,584.80
Precio Unitario				\$ 287,335.68

2.5.4 CD3 - 1.40m x 1.40m x 2.00m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	2.40	\$ 10,455.20	\$ 25,092.48
Acero ADN420	Kg	192.00	\$ 205.00	\$ 39,360.00
Alambres, clavos	kg	4.00	\$ 410.00	\$ 1,640.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	5.88	\$ 1,792.00	\$ 10,536.96
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	40.00	\$ 647.00	\$ 25,880.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario				\$ 124,809.44
Precio Unitario				\$ 199,695.10

2.5.5 CD4 - 1.40m x 1.80m x 2.80m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	3.70	\$ 10,455.20	\$ 38,684.24
Acero ADN420	Kg	296.00	\$ 205.00	\$ 60,680.00
Alambres, clavos	kg	5.00	\$ 410.00	\$ 2,050.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	6.72	\$ 1,792.00	\$ 12,042.24
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	40.00	\$ 647.00	\$ 25,880.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	1.00	\$ 650.00	\$ 650.00
Costo Unitario				\$ 161,766.48
Precio Unitario				\$ 258,826.37

2.5.6 CD5 - 1.40m x 1.60m x 1.80m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	2.50	\$ 10,455.20	\$ 26,138.00
Acero ADN420	Kg	200.00	\$ 205.00	\$ 41,000.00
Alambres, clavos	kg	4.00	\$ 410.00	\$ 1,640.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	6.00	\$ 1,792.00	\$ 10,752.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	40.00	\$ 647.00	\$ 25,880.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario				\$ 127,710.00
Precio Unitario				\$ 204,336.00

2.5.7 CD6 - 1.40m x 1.60m x 1.20m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	2.00	\$ 10,455.20	\$ 20,910.40
Acero ADN420	Kg	160.00	\$ 205.00	\$ 32,800.00
Alambres, clavos	kg	4.00	\$ 410.00	\$ 1,640.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	4.20	\$ 1,792.00	\$ 7,526.40
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	40.00	\$ 647.00	\$ 25,880.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario			\$ 111,056.80	
Precio Unitario			\$ 177,690.88	

2.5.8 CD7 - 1.40m x 1.60m x 1.00m		un		
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	1.80	\$ 10,455.20	\$ 18,819.36
Acero ADN420	Kg	144.00	\$ 205.00	\$ 29,520.00
Alambres, clavos	kg	4.00	\$ 410.00	\$ 1,640.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	3.60	\$ 1,792.00	\$ 6,451.20
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	35.00	\$ 647.00	\$ 22,645.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario			\$ 101,375.56	
Precio Unitario			\$ 162,200.90	

2.6.1 Cabezal 1Ø 1000mm (AL 1-AL 3-AL 6)				
	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	3.21	\$ 10,455.20	\$ 33,561.19
Acero ADN420	Kg	192.60	\$ 205.00	\$ 39,483.00
Alambres, clavos	kg	4.00	\$ 410.00	\$ 1,640.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	6.70	\$ 1,792.00	\$ 12,006.40
Rejas	m2	1.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	35.00	\$ 647.00	\$ 22,645.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario			\$ 156,635.59	
Precio Unitario			\$ 250,616.95	

2.6.2 Cabezal 1,00mx3,000m (AL 2)

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	5.00	\$ 205.00	\$ 1,025.00
Acero ADN420	Kg	300.00	\$ 205.00	\$ 61,500.00
Alambres, clavos	kg	5.00	\$ 410.00	\$ 2,050.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	12.00	\$ 1,792.00	\$ 21,504.00
Rejas	m2	5.12	\$ 25,000.00	\$ 128,000.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	30.00	\$ 764.00	\$ 22,920.00
Ayudante	hs	45.00	\$ 647.00	\$ 29,115.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.25	\$ 6,500.00	\$ 8,125.00
Compactador tipo cangurito	hs	1.00	\$ 650.00	\$ 650.00
Costo Unitario				\$ 274,889.00
Precio Unitario				\$ 439,822.40

2.6.3 Cabezal 1Ø 1200mm(AL 4- AL5)

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Hormigón H-20	m3	2.50	\$ 1,792.00	\$ 4,480.00
Acero ADN420	Kg	150.00	\$ 205.00	\$ 30,750.00
Alambres, clavos	kg	4.00	\$ 410.00	\$ 1,640.00
Fenólicos 18mm, tirantes 3"x3", lis	m2	8.20	\$ 1,792.00	\$ 14,694.40
Rejas	m2	1.44	\$ 25,000.00	\$ 36,000.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	20.00	\$ 764.00	\$ 15,280.00
Ayudante	hs	35.00	\$ 647.00	\$ 22,645.00
Equipos				
Retroexcavadora	hs	1.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Compactador tipo cangurito	hs	0.80	\$ 650.00	\$ 520.00
Costo Unitario				\$ 132,509.40
Precio Unitario				\$ 212,015.04

3.1 Relleno cunetas - veredas

m3

	Un.	Cant.	Unit.	Total
Materiales				
Suelo seleccionado	m3	1.30	\$ 600.00	\$ 780.00
Mano de obra				
Oficial esp.	hs	0.00	\$ 896.00	\$ -
Oficial	hs	0.10	\$ 764.00	\$ 76.40
Ayudante	hs	0.15	\$ 647.00	\$ 97.05
Equipos				
Minicargadora	hs	0.15	\$ 5,000.00	\$ 750.00
Costo Unitario				\$ 1,703.45
Precio Unitario				\$ 2,725.52

ANEXO V: ENSAYOS DE SUELO



Área Laboratorios: Acuña esq. Aragón - Tel 03492-432702

ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Normas IRAM 10.501 - 10.507

Comitente: **PONCE, Aylén - TOSELLO, Fiorela**
 Obra: **Proyecto Final "Proyecto de Pavimentos y Microdrenaje Urbano en la localidad de Las Palmeras, Santa Fe"**

Informe N°:	
Registro Comitente N°:	
Ingreso Muestras:	
Cód. Ensayo SU02 - 18	

Muestra	Descripción	Límites de Atterberg (%)				Pasa Tamiz 200	Clasif. SUCS	Índice de Grupo	Clasif. HRB	Proctor		Valor Soporte	
		H. N.	LL	LP	IP					Dmáx [g/cm ³]	Hópt. [%]	V. S.	Hincham. [%]
1	Limo de baja plasticidad de color castaño oscuro con presencia de material orgánico	-	38,54	28,14	10,40	97,89 %	ML	12	A - 4	1,448	23,4	4	1,705

Ensayó: R.R.
 Confeccionó: R.R.

RAFAELA, 01/02/19





Laboratorio de Ingeniería Civil

Área Laboratorios: Acuña esq. Aragón - Tel 03492-432702

ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR

Según Norma de Ensayo de Vialidad Nacional VN - E5 - 93

Capas	Golpes	Pisón
3	25	2,5 kg.

Comitente: Ponce, Aylén - Tosello, Fiorella**Obra:** Proyecto Final "Proyecto de Pavimentos y Microdrenaje Urbano en la localidad de Las Palmeras, Santa Fe"**Muestra:** Suelo natural
Extraído por el comitente

Informe N°:	
Registro Comitente N°:	
Ingreso Muestras:	26/12/2018
Código Ensayo SU-06	

Punto N°	% Aprox. de agua	Peso del Cilindro + Sh (gr)	Tara del Cilindro (gr)	Peso Suelo Húmedo Sh (gr)	Volúmen del Cilindro (cm3)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)
1	-	5005	3475	1530	940	1,628	1,371
2	-	5135	3475	1660	940	1,766	1,442
3	-	5160	3475	1685	940	1,793	1,447
4	-	5170	3475	1695	940	1,803	1,415
5	-	5140	3475	1665	940	1,771	1,323

Punto N°	Pesa Filtro N°	P.F. + Sh (gr)	P.F. + Ss (gr)	Tara del Pesa Filtro (gr)	Agua (gr)	Suelo Seco (gr)	% de Humedad
1	9	365,5	309,0	6,5	56,5	302,5	18,68
2	21	390,5	320,0	6,5	70,5	313,5	22,49
3	3	348,5	282,5	6,5	66,0	276,0	23,91
4	11	380,0	299,5	6,5	80,5	293,0	27,47
5	30	378,0	284,0	6,5	94,0	277,5	33,87

Observaciones:

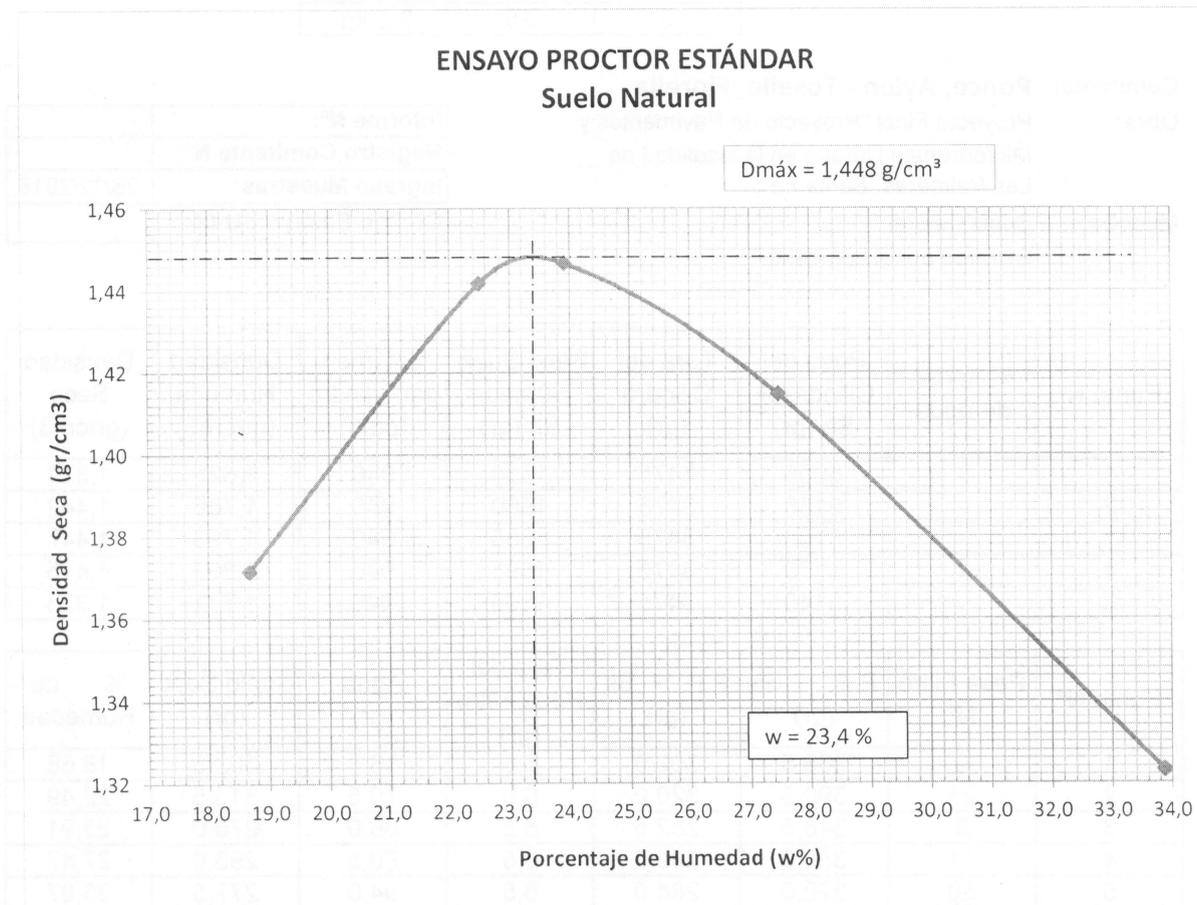
- 1.- Muestra de suelo tomada por personal del Laboratorio
- 2.- Humedad natural de la muestra de suelo: 15,07 %

Ensayó: Hernández - Rosetti
Confeccionó: Rosetti

RAFAELA, 04/01/19

Ing. Rubén Rosetti
 Laboratorio Ingeniería Civil

Comitente: **Ponce, Aylén - Tosello, Fiorella**
Obra: Proyecto Final "Proyecto de Pavimentos y Microdrenaje Urbano de la localidad de Las Palmeras, Santa Fe"
 Suelo Natural



DENSIDAD MAXIMA (Ds): **1,448 (gr/cm³)**

HUMEDAD ÓPTIMA (w%): **23,4 %**

Ensayó: Hernández - Rosetti
Confeccionó: Rosetti

Ensayo VALOR SOPOTE RELATIVO (C.B.R.)

Norma Vialidad Nacional VN E6 - 84

Comitente: **TOSELLO, Fiorela - PONCE, Aylén**

Obra: Proyecto Final "Proyecto de Pavimentos y Microdrenaje Urbano de la localidad de Las Palmeras, Santa Fe"

Suelo natural

N° de Informe:	
Registro Comitente	
Ingreso Muestras.	
Código ensayo :	

Compactación			
N° de golpes	56	25	12
Molde N°	2		
N° de capas	5		
Peso suelo + molde	10930 g		
Peso molde	6840 g		
Peso suelo compactado	4090 g		
Volumen molde	2100,93 cm ³		
Densidad húmeda	1,947 g/ cm ³		
Densidad seca	1,613 g/ cm ³		

Hinchamiento			
N° de golpes	56	25	12
Molde N°	2		
1° día	1.64		
2° día	2.05		
3° día	2.03		
4 día	1.99		
% de hinchamiento	1,705		

Humedad de moldeo			
N° de golpes	56	25	12
Molde N°	2		
PF	11		
PPF	6,5 g		
PF+PSH	243,0 g		
PF+PSS	202,5 g		
% Humedad	20,66 %		

Humedad Final			
N° de golpes	56	25	12
Molde N°	2		
PF	44		
PPF	6,5 g		
PF+PSH	320,0 g		
PF+PSS	252,5 g		
% de Humedad	27,44 %		

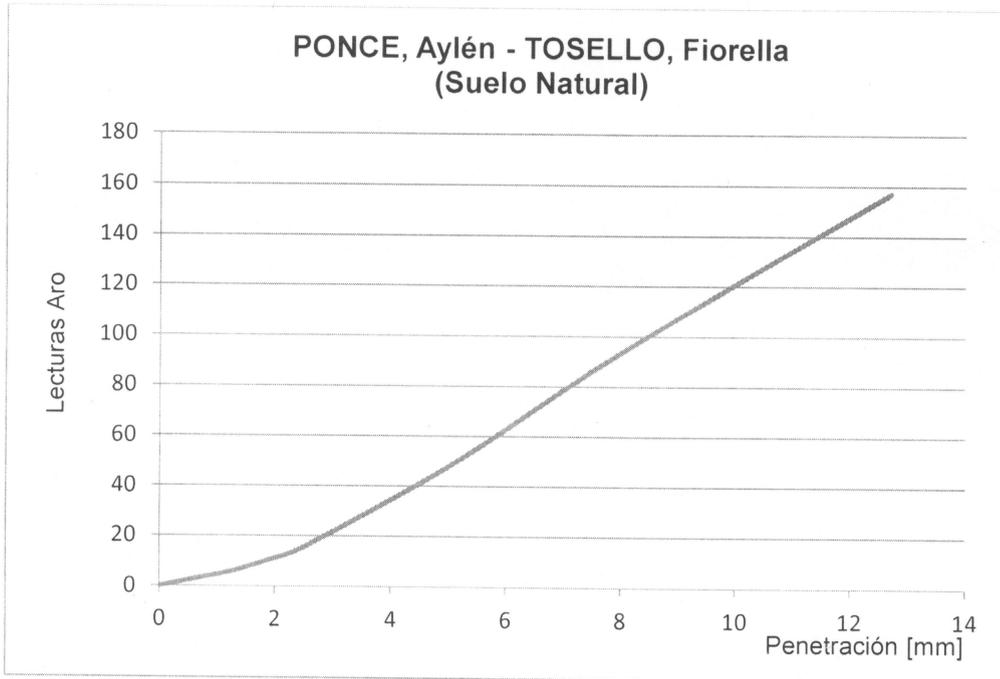
Ensayo Proctor	
3 capas de 25 golpes - pisón 2,5 kg	
H. Optima	Dens. Máx
23,4 %	1,448 g/cm ³

Penetración		0.64	1.27	1.91	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	V.S.R.%	Cte.aro = 3.40 kg		
Factor de cálculo					K:0.0738	K:0.0492					V.S.R. adoptado: 4		
Molde N°1 56 golp	Lectura dial	3	6	10.5	16	49	88	123	157		L.L.	L.P.	S.U.C.S
	Lectura corregida				54,4	166.6					-	-	-
	Factor x lect.correg.				4.01	8,20				4	Observaciones: Sobrecarga: 4,54 kg		
Molde N°4 25golp	Lectura dial										Ensayó: R. Rosetti – A. Delpupo		
	Lectura corregida.												
	Factor x lect.correg.												
Molde N° 5 12 golp	Lectura dial												
	Lectura corregida.												
	Factor x lect.correg.												

Rafaela, 01/02/19


Ing. Rubén Rosetti
Laboratorio de Ingeniería Civil





La curva no presenta cambio de curvatura por lo tanto no corresponde realizar correcciones al valor de las lecturas.

Rafaela, 01/02/19

Ing. Rubén Rosetti
Laboratorio de Ingeniería Civil

Laboratorios: Acuña entre América y Aragón – Tel: 03492 – 432702 – 422880 – (2300) Rafaela – Santa Fe

