



**ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO
DEL AERÓDROMO DE RUFINO**
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

ALUMNAS:

ALONSO, Micaela	Legajo N° A-4109/2
ANTUÑA, Lucía	Legajo N° A-4167/1
BAHLKE, Martina	Legajo N° B-5851/3
CAPOVILLA, Agustina	Legajo N° C-6669/9
ORTIZ, Micaela	Legajo N° O-1674/8

DIRECTORES: ING. NAVARRO, Raúl
ING. LUQUE, Analía

ASESORES: MG. ARQ. CERVERA, Cristina
ING. HAZAN, Andrés
ING. CAHUAPE CASAUX, Marina
ING. FORESTIERI, Claudia
ING. PEIRANO, Gustavo

TITULAR DE CÁTEDRA:
ING. LÓPEZ, Rubén

AGOSTO 2022

Plan 2014

PROYECTO IV 2022

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
1. RESUMEN	4
2. INTRODUCCIÓN	5
2.1. Lugar de emplazamiento	5
2.2. Contexto, dimensión física y dinámica hídrica	7
2.3. La problemática del sistema hídrico de la Laguna La Picasa y su región	12
2.4. Situación actual en el AeroClub	17
2.4.1. El AeroClub	18
2.4.2. Problemas hídricos	19
3. ESTUDIOS BÁSICOS	21
3.1 Recopilación, tratamiento y análisis de antecedentes	21
3.1.1. Planialtimétrica	21
3.1.2. Fotografías aéreas e imágenes satelitales	21
3.1.3. Hidrometeorológica	21
3.1.4. Geotécnica	22
3.1.5. Estudios Antecedentes	23
3.2 Estudios topográficos	23
3.2.1 Instrumental utilizado. Sistema de referencia	23
4. DIMENSIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO	25
4.1. Ordenanza Nro 3266/2021	25
4.2. El Aeródromo y la normativa	29
4.3. Propuesta rotación de cultivos y reforestación	30
4.3. Identificación de objetivos de desarrollo sostenible	33
5. PROYECTO HIDRÁULICO	37
5.1. Modelación hidrológica	37
5.1.2. Trazado de cuencas	37
5.1.3. Trazado de divisorias	37
5.2. Método racional	40
5.3. Caudal	40
5.4. Recurrencia	40
5.5. Tiempo de concentración	41
5.6. Coeficiente de escurrimiento	42

5.7. Precipitación de diseño	43
5.8 Alternativas de canalización	45
5.9. Movimiento de suelos	48
6. DISEÑO DE PISTAS Y CALLES DE RODAJE	51
6.1. Clave de referencia y aeronave de diseño	51
6.1.1. Aeronaves disponibles	51
6.1.2. Clave de referencia de aeródromo	52
6.2. Definición de características geométricas	56
6.2.1. Funciones de las pendientes transversal y longitudinal	56
6.2.2. Pendiente Transversal	57
6.2.3. Pendiente Longitudinal	57
6.3. Necesidad de apartaderos de espera y de otras calles de desviación	58
6.4. Diseño estructural de las pistas del aeródromo	61
6.4.1. Tipos de pavimento	62
6.4.2. Selección del tipo de pavimento	65
6.4.3. Estimación del CBR de diseño	66
6.4.4. Diseño con FAARFIELD	67
6.4.5. Resultados obtenidos	74
6.4.6. Diseño de la plataforma	75
7. MEJORAMIENTO DEL ACCESO Y CAMINOS INTERNOS	83
7.1. Mejoramiento del acceso	83
7.2. Mejoramiento de caminos internos	88
8. AYUDAS VISUALES A LA NAVEGACIÓN	90
9. DISEÑO DE ESPACIOS PARA ADMINISTRACIÓN Y USOS MÚLTIPLES	91
9.1. Introducción	91
9.2. Materialidad	93
9.3. Cálculo estructural	96
9.3.1. Cargas	97
9.3.2. Verificaciones en servicio y en estado último	99
9.3.2.1. Componentes y revestimientos	99
9.3.2.2. Sistema Principal	100
9.3.3. Fundaciones	102
10. DISEÑO DE ESPACIO EDUCATIVO: AULARIO	103
10.1. Materialidad y definiciones	106
10.2. Cálculo estructural	108

10.2.1. Cargas	108
10.2.2. Verificaciones en servicio y en estado último	110
10.2.2.1. Componentes y revestimientos	110
10.2.2.2. Sistema principal	111
10.2.3. Fundaciones	115
11. DISEÑO HANGAR	116
11.1. Introducción	116
11.2. Dimensiones	117
11.3. Cálculo estructural	119
11.3.1 Modelo de cálculo	121
11.3.2. Cargas	122
11.3.3. Verificaciones en servicio y en estado último	125
11.3.3.1. Componentes y revestimientos	125
11.3.3.2 Sistema principal	127
11.3.4. Bases	131
11.3.5. Fundaciones	131
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
13. BIBLIOGRAFÍA	139
14. ANEXOS	140
1. ESTUDIO DE SUELOS	
2. NIVELACIÓN	
3. MEMORIAS DE CÁLCULO	
3.1 Cálculo hidráulico	
3.2 Cálculo estructural barracas	
3.3 Cálculo estructural aulario	
3.4 Cálculo estructural hangar	
4. AYUDAS VISUALES A LA NAVEGACIÓN	
5. MOVIMIENTO DE SUELOS Y CÓMPUTO	
6. FOTOGRAFÍAS	
7. PLANOS	
8. ALTERNATIVA DE ORDENAMIENTO HIDRÁULICO DESCARTADA	

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a nuestras familias quienes nos acompañaron no sólo durante el desarrollo del proyecto sino también durante toda la carrera, haciendo posible que estemos donde nos encontramos hoy en día.

El presente informe nos demandó ponernos en contacto con distintos profesionales en el ámbito de la Ingeniería Civil, entre ellos: los ingenieros Gustavo Peirano, Marcelo Cuadrado, Pablo Torres y Luis Enrique Viglianco; el presidente del aeroclub de Laboulaye, José Luis Zoppi; el miembro de la comisión directiva e instructor del aeroclub de Tostado y presidente de la FASF (Federación de Aeroclubes de Santa Fe), Adrián Semino; y el piloto comercial, Conrado Ferrero. Todos ellos dedicaron parte de su tiempo a respondernos preguntas y facilitarnos información relevante. Queremos mencionar también a Miguel Pampalone y a la Escuela de Ingeniería Civil, quienes nos brindaron acceso al equipo necesario para realizar la nivelación en campo. A todos ellos les estamos profundamente agradecidas.

No menos importante, agradecemos a nuestros compañeros, actuales y ya egresados, que fueron partícipes ya sea respondiendo una pregunta o dejando alguna recomendación. Finalmente, queremos agradecer a nuestros docentes de Proyecto IV que se organizaron tanto virtual como presencialmente para generar las clases de consultas más convenientes para los estudiantes.

Muchas gracias.

1. RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es la puesta en valor del AeroClub de la ciudad de Rufino, accionando sobre la problemática hídrica, el paquete estructural de las pistas y calles de rodaje, y el diseño de distintas infraestructuras edilicias: un hangar adicional, oficinas, escuela de vuelo, resto-bar, sector de estacionamiento.

Todas las actividades que se llevarán a cabo tienden a garantizar la operatividad de las pistas durante todo el año, lo que también permite el permanente funcionamiento de la escuela de vuelo que funciona en el AeroClub. Se permitirá también aumentar la capacidad de albergue de vehículos aéreos. Se dotará al AeroClub del soporte físico adecuado para el fomento de actividades recreativas y eventos en el predio, con las pertinentes instalaciones, ya que esto es foco de atracción de gran cantidad de gente, que trae aparejado un crecimiento económico y social para este tipo de clubes.

El desarrollo del proyecto abarca distintos puntos, a saber:

- Desagüe pluvial del predio
- Contexto de la dimensión ambiental del proyecto
- Proyecto y cálculo estructural de pavimentos para pistas y plataformas
- Señalización: ayudas visuales a la navegación
- Mejoramiento y pavimentación del acceso sobre RN 7
- Predimensionamiento de hangar metálico
- Diseño de espacios para administración y usos múltiples a partir de estructuras existentes en desuso

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Lugar de emplazamiento

El proyecto se encuentra emplazado en la ciudad de Rufino, ubicada al sur de la provincia de Santa Fe, en el departamento General López. Actualmente cuenta con unos 20.000 habitantes¹, posicionándose en el puesto 16 en el ranking provincial.

Geográficamente Rufino se sitúa en latitud 34°16'06''S y longitud 62°42'45''O. Se encuentra a 6 km de distancia del límite con la provincia de Córdoba y a 14 km del límite provincial de Buenos Aires, lo que le otorga una importancia como núcleo urbano – rural interprovincial.



Figura 2.1 - Localización de la ciudad de Rufino en la provincia de Santa Fe.

Rufino se localiza en el mapa de la República Argentina en la intersección de dos importantes rutas nacionales del corredor bioceánico del MERCOSUR. Por un lado, la Ruta Nacional 33 (RN 33) que conecta la ciudad hacia el noroeste con localidades como Venado Tuerto, Firmat, Casilda y Rosario, y hacia el sur con la provincia de La Pampa y Buenos Aires. Por su parte la Ruta Nacional 7 (RN 7) vincula Rufino con el territorio de este a oeste (Buenos Aires, San Luis, Mendoza).

¹ Fuente: INDEC 2010.

La ciudad se halla en una zona de llanura conocida como “Pampa húmeda Argentina”, con un clima templado y un régimen regular de lluvias que determinan un tipo de suelo muy apto para la explotación agrícola – ganadera. Se encuentra en la mayor zona cerealera de Sudamérica y una de las más importantes del mundo en cuanto a actividad y cantidad de tierra cultivable, apta para todo tipo de especies vegetales y cría de ganado.²

Por su parte, el Aeroclub en estudio se halla a 5,3 km del centro de la ciudad, y se encuentra delimitado al Sur por la Ruta Nacional 7, al Norte por la ex RN 7, y al Oeste por caminos rurales y al Este por una parcela privada.

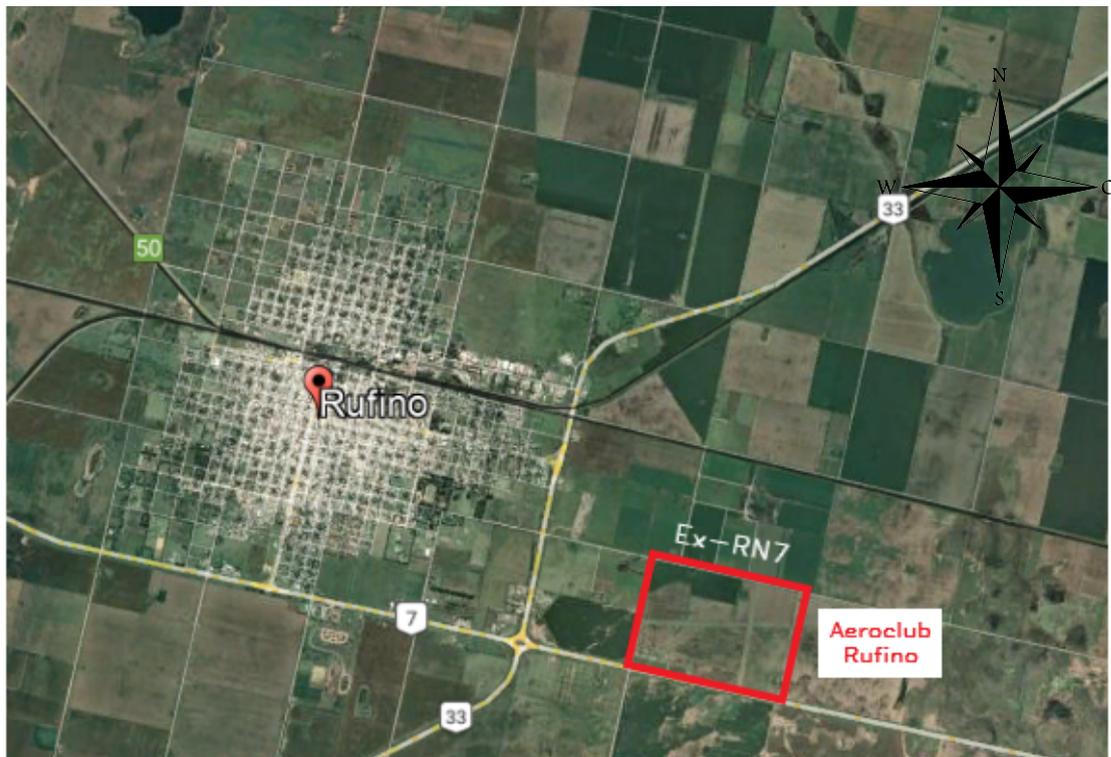


Figura 2.2 - Localización del Aeroclub en estudio en la ciudad de Rufino.

² Fuente: Plan Estratégico de Desarrollo Rufino 2016 (PEDeR).

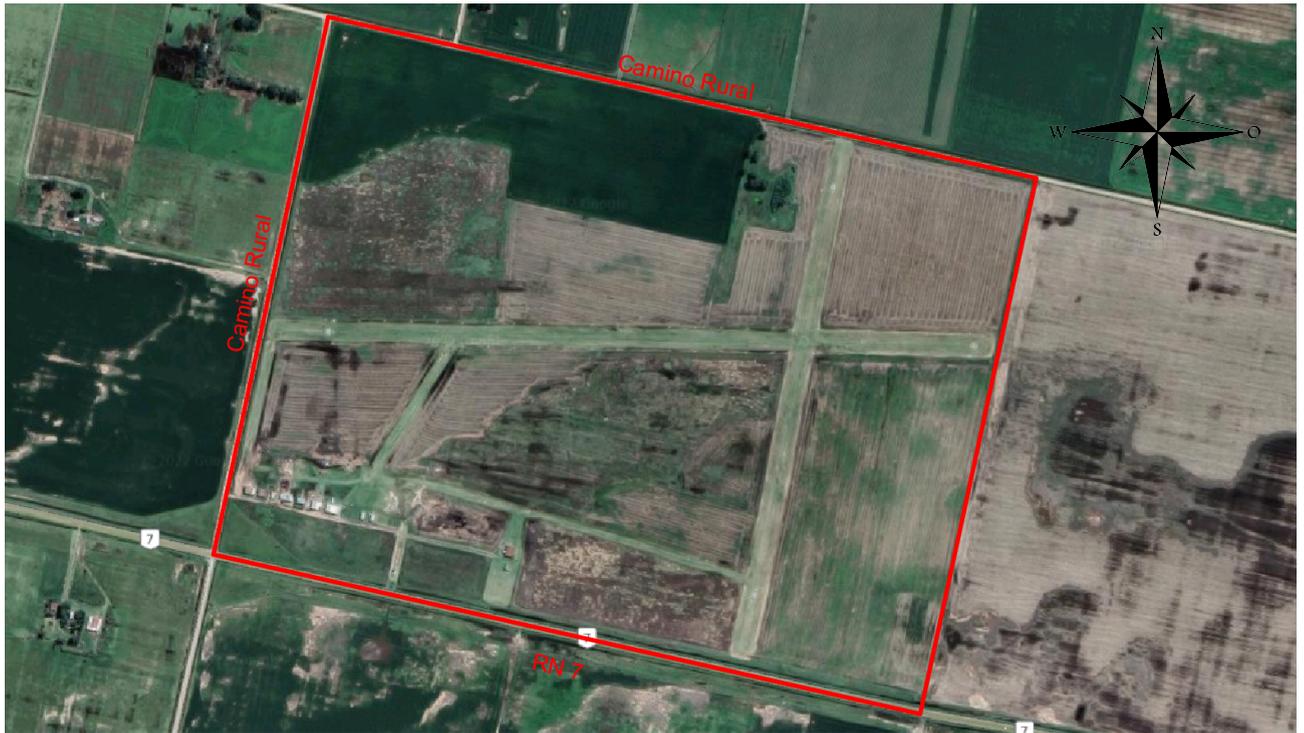


Figura 2.3 - Límites del predio donde se ubica el Aeroclub de la ciudad de Rufino.

2.2. Contexto, dimensión física y dinámica hídrica

A partir de contar con el plan estratégico de Rufino, desarrollado por la Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública de la Municipalidad de Rufino (2016)³, se destacan los puntos más importantes para contextualizar la región y su dinámica hídrica y física.

Seguidamente se muestra una imagen delimitando la mancha urbana de Rufino.

³ Plan estratégico territorial Rufino, Santa Fe. Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública de la Municipalidad de Rufino. Año 2016.

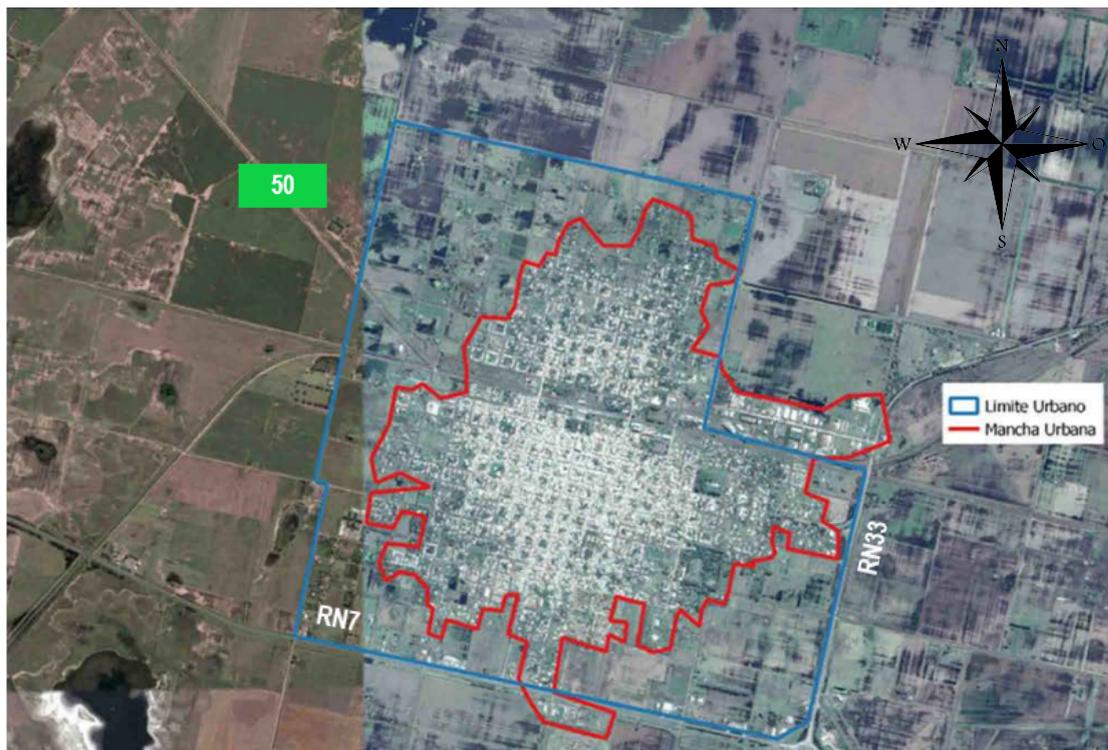


Figura 2.4 - Mancha urbana.⁴

Los últimos crecimientos urbanos se desarrollaron según se indica a continuación.

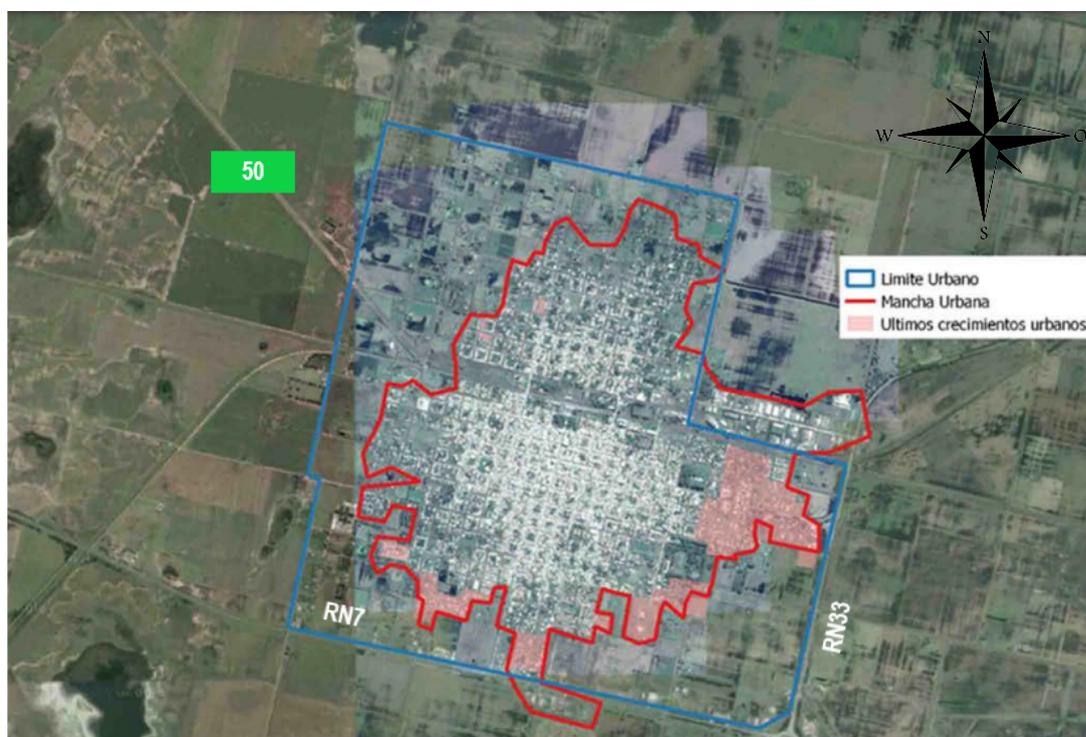


Figura 2.5 - Últimos crecimientos urbanos.⁴

⁴ Fuente: Plan estratégico territorial Rufino, Santa Fe. Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública de la Municipalidad de Rufino. Año 2016.

Se puede observar que el crecimiento urbano de Rufino se da hacia el Sureste, donde están los suelos más altos y la mayor profundidad de la napa. Fuera del ejido urbano y en esta misma dirección sobre RN 33, se encuentra una zona de casas quintas.

En cuanto a cuestiones hídricas, a manera descriptiva, el sistema de drenaje puede resumirse en los siguientes puntos:

1. La ciudad de Rufino cuenta en la actualidad con un sistema de defensa contra inundaciones, conformado por un anillo urbano con sus respectivos canales de derivación hacia aguas abajo. Se cuenta también con puntos de bombeo para sacar el agua que se acumula en el interior del tejido urbano (pues el terreno es bajo y conforma un valle sin salida natural) y volcarla sobre los canales antes mencionados.

Forma parte de la cuenca de la Laguna La Salada, emplazada al Sur de la localidad, y todo el área integra el sistema de aportes a la Laguna **La Picasa** (tema tratado con mayor profundidad en el ítem 2.3.), cuyo Tramo III del Módulo I se emplaza unos 8 Km al Sur de la planta urbana (ver *Figura 2.12*).

En cuanto a las barreras urbanas, sólo se cuenta con los canales perimetrales hidráulicos señalados en el mapa siguiente con trazos en amarillo. Estos canales colaboran actuando como bypass para poder conducir ordenadamente los frentes hídricos del noroeste que amenazan la ciudad en los períodos Niño, no permitiendo que se inunde.

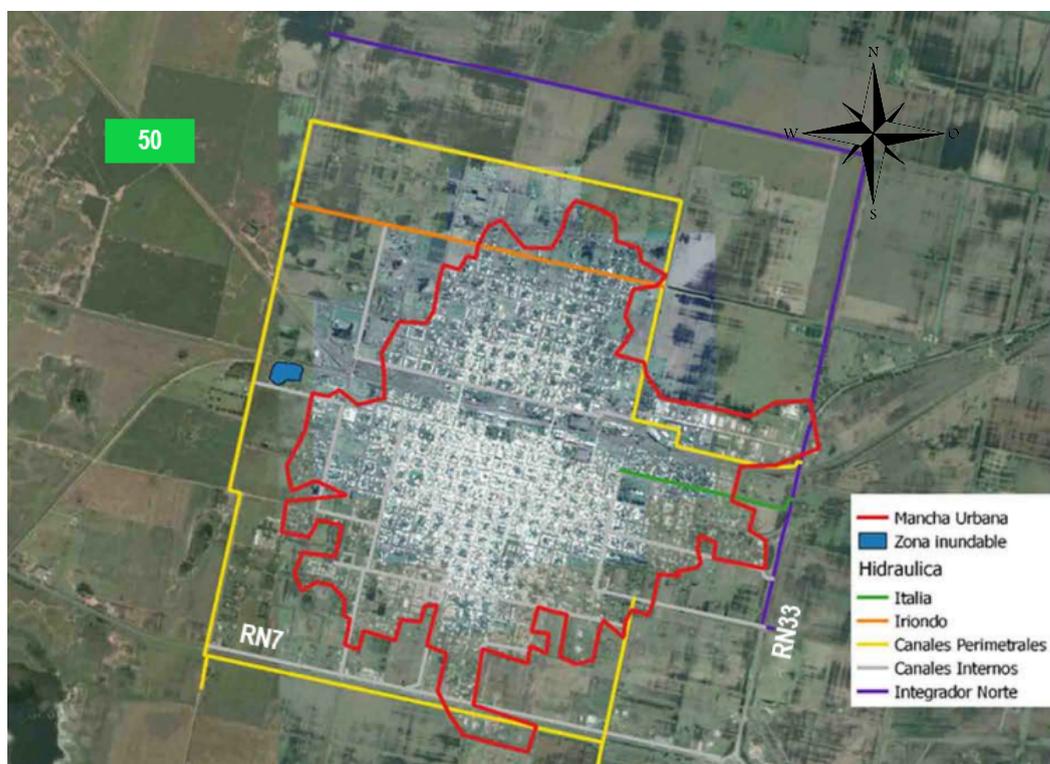


Figura 2.6 - Barreras urbanas.⁵

⁵ Fuente: Plan estratégico territorial Rufino, Santa Fe. Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública de la Municipalidad de Rufino. Año 2016.

Una de las realidades más acuciantes en la región es la persistencia de problemas hídricos, originados en la histórica ausencia de obras conjuntas con las provincias de Buenos Aires y Córdoba sobre esta región, que presenta una importante biodiversidad fundamentalmente en sus lagunas.⁶

El riesgo hídrico es potenciado por la ejecución de obras localizadas en provincias lindantes, que modifican las condiciones naturales del suelo y su capacidad de retención o escurrimiento. La degradación de los suelos se debe asimismo a la explotación abusiva de los recursos, al monocultivo de los campos y a los procesos indiscriminados de deforestación de los bosques nativos en áreas cercanas.

Existe la figura del Comité de Cuenca de la Laguna la Picasa, integrado por las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. La finalidad de su existencia es la regulación de las obras hidráulicas en la cuenca, de forma que las jurisdicciones implicadas actúen de manera responsable y coordinada.

2. A partir de la *Figura 2.7*, se puede observar que las aguas pluviales provenientes de la parte superior de la cuenca que llegan al nodo A (sector norte Rufino) son conducidas a través del colector tramo A-B hasta la cuneta Norte (préstamo) de la antigua Ruta Nac. 7; luego enfilan hacia el Este por el tramo B-C hasta llegar a una zona deprimida, donde pasando bajo la antigua ruta encauza en un canal excavado en zona agrícola (tramo C-D) hasta alcanzar la actual Ruta Nac. 7, la cual es atravesada mediante una alcantarilla, para continuar escurriendo por un canal en zona agrícola, de gran extensión (tramo D-E-F), hasta desembocar en el canal Tramo III del Módulo I La Picasa (nodo F). Unos 950 m antes de la desembocadura, recibe el aporte del canal de Descarga de la laguna La Salada.

⁶ Fuente: Sistematización Colectores Finales de las obras de protección contra inundaciones de Rufino - Comité de Cuenca La Picasa y Canal Alternativa Norte.

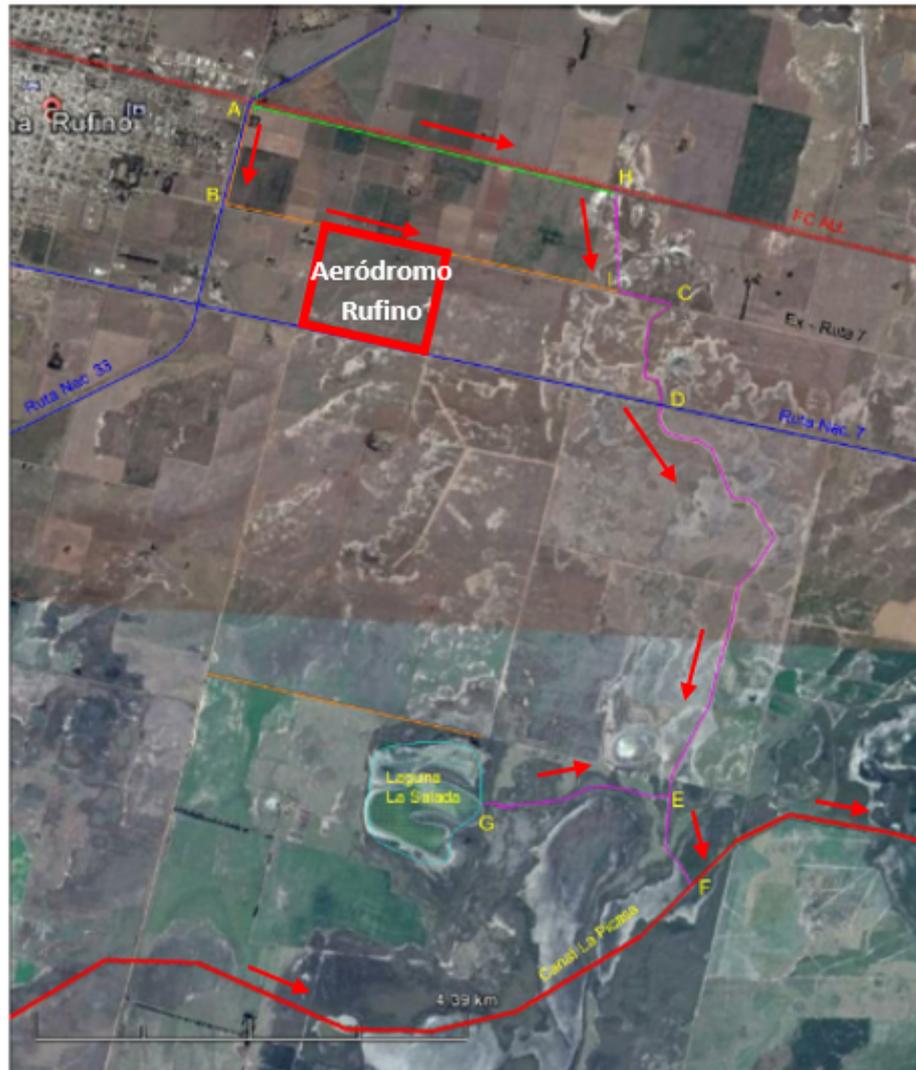


Figura 2.7 - Recorrido de las aguas pluviales hacia Laguna La Salada y Canal La Picasa.

3. La laguna La Salada, es receptora de parte de los excedentes provenientes de la cuenca aguas arriba de Rufino (sector Oeste Rufino), y conducida a través del canal Oeste-Sur, descarga en la vía anteriormente descrita a través de una canalización existente (tramo G-E) que drena prácticamente en su totalidad dicho espejo de agua, que es utilizado con propósitos recreativos.
4. El sistema actual registra una fuerte modificación de las condiciones originales debido a la construcción de los canales en tierra agrícola. En efecto, las canalizaciones privadas ejecutadas en algunos casos sin autorización han provocado el drenaje de sectores deprimidos que se utilizaban para amortiguar las crecidas; los mismos contribuyeron a drenar las áreas que naturalmente colaboraban para amortiguar el impacto hídrico producido por las precipitaciones, empuntando los hidrogramas de aporte al canal La Picasa.

2.3. La problemática del sistema hídrico de la Laguna La Picasa y su región

La ciudad de Rufino se encuentra dentro del sistema de aportes a la **Laguna La Picasa**. Ésta vio aumentado drásticamente su nivel en los últimos 20 años tras recibir artificialmente enormes caudales de agua, causando constantes inundaciones en la zona.⁷



Figura 2.8 - Localización de la Laguna La Picasa en la provincia de Santa Fe.

⁷ Fuente: Comité de cuenca la picasa. Disponible en: <http://cclapicasa.org/>

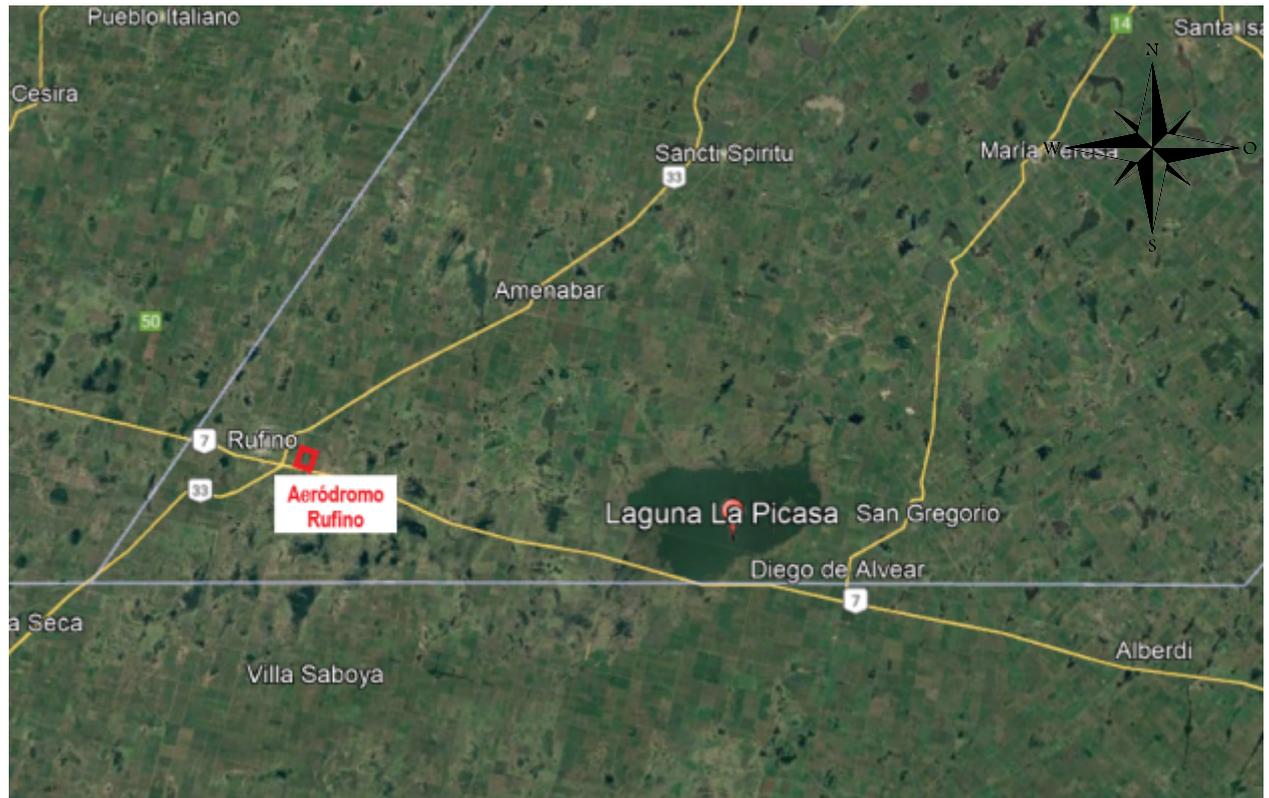


Figura 2.9 - Localización de la Laguna La Picasa respecto a la ciudad de Rufino.

La Picasa es una laguna que hacia los años 50 constaba de 1.400 hectáreas y un metro de profundidad (cota natural de 97,50 metros sobre el nivel del mar) ubicada al Sur de la provincia de Santa Fe. Su cuenca natural era de 55.000 hectáreas.

A mediados del año 1980, debido a inundaciones en los campos circundantes a la laguna, la misma ya ocupaba 10.000 hectáreas llegando a la cota 100 metros sobre el nivel del mar (msnm). Los canales siguieron ramificándose y traspasaron las fronteras de la Provincia de Santa Fe, alcanzando a las provincias de Buenos Aires al sur y Córdoba al oeste, lo cual aceleró el escurrimiento de agua que anteriormente transitaba de manera mantiforme por los campos de dichas provincias.

Las aguas siguieron subiendo y el 19 de abril de 1999 quedaron sumergidos:

- La Ruta Nacional N°7 que comunica Capital Federal con Mendoza y Chile.
- El Ferrocarril San Martín que comunica Capital Federal con Mendoza.
- 50.000 hectáreas (bajo agua de la laguna La Picasa).



Figura 2.10 - Ruta sumergida por el nivel creciente de la Laguna La Picasa.

En el año 2001, se firmó un convenio entre las autoridades de la Provincia de Córdoba y la de Santa Fe, en el cual se buscaba coordinar y aunar esfuerzos para concretar soluciones para mitigar los efectos de los anegamientos periódicos en la Cuenca de la Laguna La Picasa.

En el año 2003, las autoridades gubernamentales iniciaron la construcción de las obras Bombeo Sur, Bombeo Norte y Obras internas.

Estas obras dieron origen a un **canal principal** (Figura 2.11) de aproximadamente 200 km de longitud que une una serie de bajos y lagunas naturales donde se ubicaron **siete reservorios** con la finalidad de transportar los 5 metros cúbicos por segundo permitidos por la provincia de Buenos Aires hacia el río Salado. En dos puntos estratégicos se colocaron las estaciones de bombeo “Sur” y “Norte” con el fin de evacuar el caudal excedente. La **Estación de Bombeo Sur** actualmente sólo ha evacuado el 17 % del volumen previsto, mientras que la **Estación Norte** según datos oficiales se inauguró en el año 2006 y solo ha evacuado el 24 % del volumen previsto. Actualmente, sigue sin funcionamiento desde la última inundación en 2017.⁸

En la opinión de los ciudadanos, los reservorios no habrían cumplido la misión para lo que fueron proyectados, sino que han sido obras que permitieron el flujo directo de agua hacia la laguna La Picasa, lo que ha provocado su extremo crecimiento artificial al no ser factible su desagote.⁹

Estas obras dieron como resultado un sistema artificial conocido hoy como **Cuenca La Picasa**, que abarca 550.000 hectáreas distribuidas entre las provincias de Córdoba (46%), Santa Fe (38%) y Buenos Aires (16%).⁸

Mapa de las 550.000 hectáreas que se denominaron "Cuenca La Picasa" – Sistema de obras



Plano del Monitoreo de los afloros obras internas cuenca La Picasa al 2017-04, extraído de <http://cclapicasa.org/>

Figura 2.11 - Mapa de las 550.000 hectáreas que se denominaron "Cuenca La Picasa".



Figura 2.12 - Mapa del sistema hídrico de la Cuenca La Picasa. Canales que lo integran.

⁸ Fuente: Bolsa de comercio de Rosario. Artículo: La problemática del sistema hídrico de la Laguna La Picasa y su región. 09 de agosto de 2019. Disponible en : <https://www.bcr.com.ar/es/print/pdf/node/74118>.

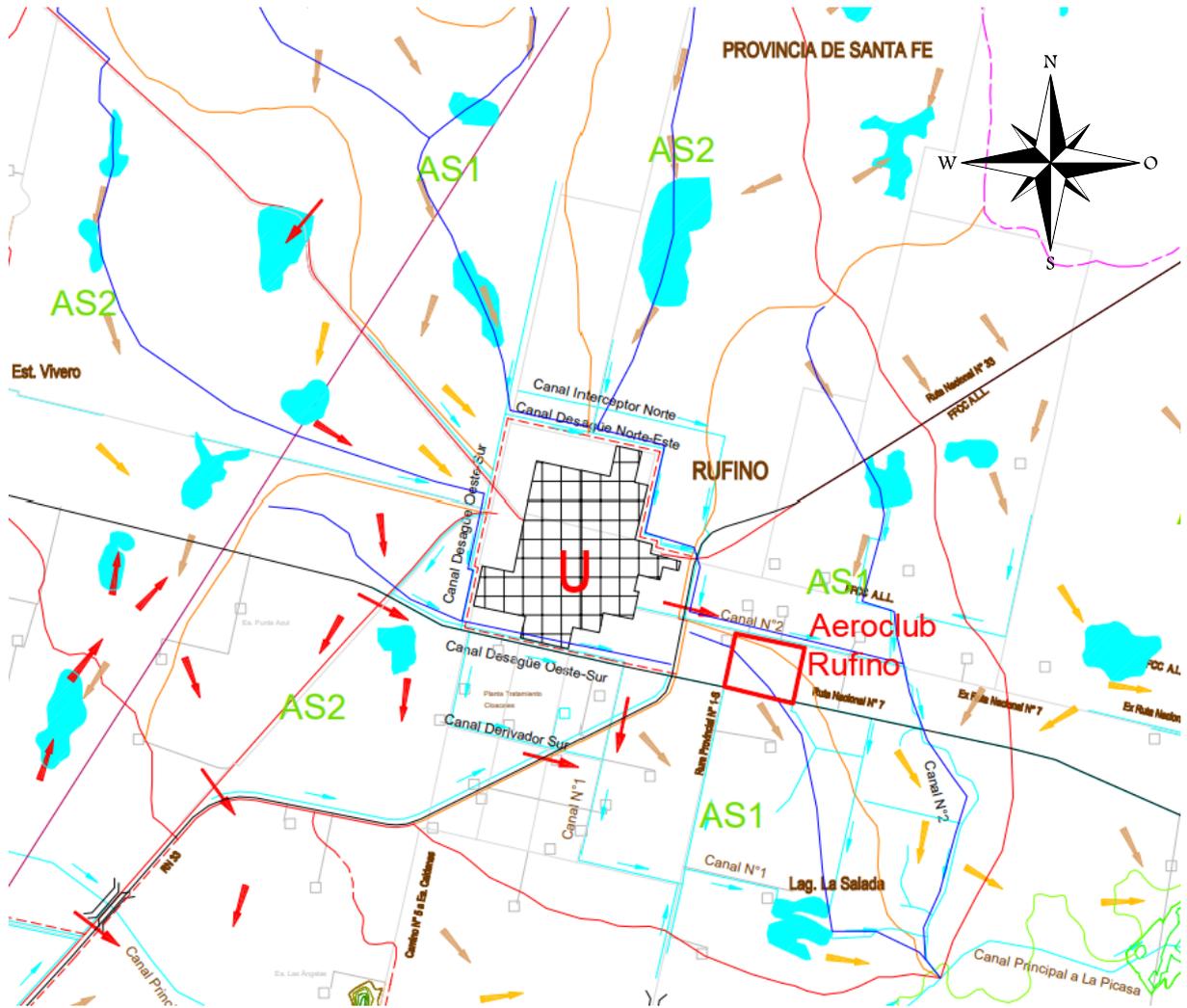


Figura 2.13 - Dinámica hídrica.

En el año 2007 se elevaron la Ruta Nacional 7 y el Ferrocarril San Martín.

Desde el 2014 hasta el año 2017, las abundantes precipitaciones caídas en las 550.000 hectáreas de la Cuenca de Aporte creada artificialmente y que, a través de canales derivan el total del flujo de agua en la Laguna La Picasa, aumentaron aún más el tamaño y altura de la laguna llegando a su pico máximo conocido de 105,85 msnm sobrepasando los 10 metros de profundidad. Nuevamente se cubrió de agua la Ruta Nacional N°7 y el Ferrocarril San Martín, y la laguna creció hasta su rebalse natural cubriendo 55.000 hectáreas productivas, anegando todo a su alrededor y según el conocimiento empírico de los productores agropecuarios provocando el “elevamiento de napas” afectando a poblaciones, rutas, y caminos y áreas productivas rurales.



Figura 2.14 - Ferrocarril sobre La Picasa. Octubre 2021.⁹

La historia ha demostrado la dificultad de mantener la Laguna La Picasa en su nivel natural (cota 97,5 msnm) tras enviarle artificialmente, a través de canales regulares e irregulares, caudales de agua de precipitaciones caídas en la inmensa cantidad de hectáreas de su área de influencia. La zona sufre ya casi veinte años de excesos hídricos e inundaciones. Las pérdidas que han sufrido productores agropecuarios, ciudadanos y los problemas de infraestructura son de gran magnitud, mostrando la necesidad de implementar urgentes acciones y obras de infraestructura.

2.4. Situación actual en el AeroClub

La actividad que se presenta en el aeródromo es en su mayoría de privados y de carácter recreativo.

Se realiza la siguiente aclaración: un aeródromo es un terreno llano destinado al despegue, aterrizaje y movimiento de aeronaves, dotado de pistas e instalaciones adecuadas para tal fin. Por otra parte, se denomina Aeroclub a la institución o asociación encargada del mantenimiento y administración del terreno e instalaciones del aeródromo, de la instrucción de pilotos, organización de eventos, entre otras actividades.

Es decir, en este caso, el AeroClub Rufino se encuentra emplazado en el Aeródromo del mismo nombre.

⁹ Imagen tomada en octubre de 2021. Fuente: Agencia de noticias Telam. Disponible en: <https://www.telam.com.ar/notas/202110/572111-pedraplen-laguna-picasa-rufino-trenes-argentinos-rufino.html>

2.4.1. El AeroClub



Figura 2.15 - AeroClub Rufino.

El Aeródromo Rufino se encuentra en un predio de 1400x1045m, en el cual se emplazan:

- Dos pistas no pavimentadas: 01-19 (de 850x40 m) y 09-27 (de 1250x45 m), con sus calles de rodaje
- Un hangar de 25x15m que alberga las tres aeronaves
- Dos barracas
- Un sector de esparcimiento de 12,7x6,7 m
- 7 hangares para aviones fumigadores, que no forman parte del AeroClub
- Sectores dedicados a la explotación agropecuaria

Esto puede observarse en el **Plano 01 - Implantación y situación actual** en el **Anexo 7**. En el **Anexo 6** se pueden observar los elementos mencionados.

El AeroClub dispone de una flota de dos aviones (un Cessna 150 y un Aero Boero 150) además de un planeador (Blanik L3).

Actualmente el AeroClub cuenta con una escuela de vuelo, pero la misma no cuenta con la infraestructura adecuada para las clases teóricas.

En los últimos años el club renovó su quincho e instaló un nuevo cableado eléctrico. Se hizo el hangar completo y se colocaron luces y sistema de cámara. Todo con fondos propios y un esfuerzo muy significativo por parte de los socios comprometidos, sin colaboración externa alguna.

Si bien se ha invertido en las mejoras al establecimiento, el mismo no cuenta aún con las instalaciones suficientes para lograr su objetivo de ser sede de numerosos eventos como los que se llevan a cabo en otros aeroclubes (como el “Rosario vuela”, festividades como el día del niño en el AeroClub de Comodoro Rivadavia, fiesta de Halloween en el AeroClub de La Cumbre, etc).

2.4.2. Problemas hídricos

Como se desarrolló en el punto 2.2. y 2.3, en Rufino persisten los problemas hídricos originados por la suma de distintos factores: el crecimiento de la cuenca de La Picasa, la topografía de la región (se encuentra en un bajo natural), la falta de obras hidráulicas, la ejecución de obras en provincias lindantes y el monocultivo y explotación de los suelos.

Los problemas hídricos en el aeródromo de la ciudad se presentan con lluvias que no son necesariamente de recurrencia extraordinaria. Las pistas se anegan con facilidad debido a la topografía antes mencionada, lo que no permite la actividad normal en el predio. Además, actualmente, la pista 01-19 se encuentra inhabilitada debido a problemas de humedad, por lo que solamente se está utilizando la pista 09-27 (las pistas y sus disposiciones se pueden observar en el **Plano 01** en el **Anexo 7**).

Para recurrencias de unos 3 o 4 años, gran parte del terreno del AeroClub queda anegado, incluyendo las calles de rodaje y el acceso del mismo. Esta situación se dio particularmente en el mes de Febrero del presente año, donde se tuvo una lluvia acumulada de 248 mm, en una semana.

A continuación se presentan las fotos correspondientes a dicho evento.



Figura 2.16 - Anegamientos.



Figura 2.17 - Anegamientos.

Toda la información recaudada sobre la problemática hídrica de la cuenca La Picasa nos es útil para conocer las condiciones hídricas del sector donde se emplaza el aeródromo en el cual intervenimos, pero queda más allá del alcance de nuestro proyecto. Nos limitamos a diseñar un sistema de evacuación de aguas de manera que las lluvias que precipiten sobre el terreno del aeródromo desagüen correctamente, evitando la inundación de las pistas y asegurando su funcionalidad (ver punto 5).

3. ESTUDIOS BÁSICOS

3.1 Recopilación, tratamiento y análisis de antecedentes

Se realizó un reconocimiento de campo de la zona en estudio, es decir del aeródromo, en los días 2 y 3 de abril del presente año.

En cuanto a la dinámica hídrica de la zona y alrededores la misma fue mencionada en el apartado 2.2.

Se realizó la recopilación, tratamiento y análisis de la siguiente información:

3.1.1. Planialtimétrica

- Carta topográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN), escala 1:50.000: 3563 - 4 - 4.
- Relevamientos topográficos realizados específicamente para este estudio (Ver Punto 5.2).

3.1.2. Fotografías aéreas e imágenes satelitales

- Imágenes tomadas de Google Earth y Google Maps de libre disponibilidad en la zona de estudio.
- Mapa Nacional de Cultivos Extensivos – Campaña 2020-2021. Fuente: GeoINTA

3.1.3. Hidrometeorológica

Para la realización de cálculos hidrológicos se emplearán curvas IDR (Intensidad- Duración- Recurrencia) o IDF (Intensidad- Duración- Frecuencia). En la provincia de Santa Fé se cuenta con la siguiente información:

- Curvas IDF de la Estación Meteorológica del CIM-FICH-UNL (Centro de Informaciones Meteorológicas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral). Serie 1986–2016
- Curvas IDR de la Estación Rosario Aero-SMN (Serie 1935-2007);
- Curvas IDR de la Estación INTA-Agencia de Extensión Rural Casilda (1962-2007)
- Curvas IDR de la Estación y FCAG-UNR Estación Agroexperimental Zavalla (1973-2007).
- VALIDACIÓN DE RELACIONES IDF GENERALIZADAS A NIVEL REGIONAL EN EL NORTE ARGENTINO. Hector Daniel Farias, Luis Alejandro Olmos. XXI Congreso Nacional del Agua, año 2007.

3.1.4. Geotécnica

- Estudio de suelos realizado en 2007 en un lote ubicado sobre la RN 7, a 3,5 km del aeroclub en estudio. Incluye caracterización tacto-visual, resistencia a la penetración, humedad natural, límites líquido y plástico y granulometría. Los perfiles estratigráficos de las 7 perforaciones realizadas se pueden observar en el **Anexo 1**.



Figura 3.1 - Sector donde se realizó el estudio de suelos.

- Estudio de suelos realizado en el año 2015 en la región, por el estudio BISA. Incluye caracterización tacto-visual, resistencia a la penetración, humedad natural, límites líquido y plástico granulometría, y densidad natural y seca. Este consta de cuatro perforaciones, de 4 a 6 m de profundidad, identificadas como P_1 a P_4 , las que pueden identificarse en la *Figura 3.2*. Este estudio también puede verse en el **Anexo 1**.



Figura 3.2 - Perforaciones para estudio de suelos.

3.1.5. Estudios Antecedentes

Se realizó la recopilación y análisis utilizando el informe y los planos del estudio “Sistematización Colectores Finales de las obras de protección contra inundaciones de Rufino - Comité de Cuenca La Picasa y Canal Alternativa Norte”. Alfredo Manuel Verano, Ingeniero en Recursos Hídricos. Marzo 2019.

3.2 Estudios topográficos

3.2.1 Instrumental utilizado. Sistema de referencia

Las integrantes del grupo llevamos a cabo un relevamiento topográfico del predio los días 2 y 3 de abril del presente año.

Para ello se utilizó un nivel óptico automático marca SOUTH modelo NL24.

En el **Anexo 2** se exhibe un plano con el trabajo de campo realizado.

Se efectuó una nivelación geométrica cerrada de doble alineación a lo largo de los ejes de las pistas y calles de rodaje, partiendo de un **punto fijo** a la entrada del aeródromo cuya cota se fijó en **10 metros**. La ubicación del mismo se puede visualizar en el mismo plano, nombrado PF.

En la *Figura 3.3* se observa la actividad de visado del punto fijo que da comienzo a la nivelación.



Figura 3.3 - Ubicación del punto fijo

A su vez se nivelaron diversas secciones transversales distanciadas entre sí aproximadamente 100 metros. Para la medición de distancias se utilizó una cinta métrica. Dentro de cada sección se relevaron varios puntos y para la definición de los mismos se adoptó el criterio de tomar aquellos en los que el desnivel resultase relevante, distanciados entre sí como máximo 10 metros. En algunas secciones donde se contaba con anegamientos se extendió el ancho de los perfiles a criterio propio.

Se relevaron además perfiles transversales en la zona del acceso al aeródromo a través de la RN 7 y en correspondencia con las alcantarillas existentes.

Los puntos visados han sido designados con las letras del alfabeto (A-Z , A'-S'), y los perfiles en función del punto visado que forma parte del eje de la pista o calle de rodaje y se ubica en la sección respectiva.

La ubicación de los perfiles y las alcantarillas se exhiben en el mismo anexo. Los perfiles transversales del terreno natural se encuentran en el **Plano 06 del Anexo 7** junto con los proyectos de pavimento y cunetas planteados.

A continuación se explica de manera concisa cómo se llevó a cabo la nivelación geométrica simple:

Se empleó el método del punto medio que consiste en estacionar el nivel entre dos puntos A y B, de tal forma que resulten equidistantes y así poder eliminar la influencia del error de inclinación.

El desnivel de B respecto de A, ΔH_{AB} , viene dado por la diferencia de lectura atrás menos lectura adelante y es la diferencia de los hilos medios de las lecturas sobre las miras.

El error se obtiene como la sumatoria de los ΔH observados y luego se reparte entre todos los puntos nivelados proporcionalmente a la distancia entre ellos, de esta manera se obtienen los ΔH corregidos (se aclara que lo ideal sería que dicha sumatoria de nula). Luego a partir de la cota conocida sumando los ΔH se obtienen progresivamente la cota de los distintos puntos.

La nivelación es cerrada cuando tiene control, es decir, cuando es matemáticamente cerrada, lo que permite verificar si se cometieron errores y si de ser así si están en tolerancia.

La tolerancia se obtiene con la siguiente fórmula:

$$T = k * \sqrt{L[km]}$$

Donde k es variable según la topografía del lugar (se adopta k=3) y L es la longitud total relevada.

En este caso se realiza una nivelación con doble alineación, es decir, en lugar de partir de un punto de cota conocida y volver al mismo por el mismo camino se realiza esta doble medición en simultáneo a medida que se avanza, moviendo el nivel como mucho 50/60 cm.

4. DIMENSIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

El proyecto que se desarrolla en este informe contempla, entre otras, actividades y reformas tendientes a mejorar la situación hídrica del lote, que por estar emplazado en una zona baja e inundable se ve afectado frecuentemente. Dentro de las soluciones propuestas se encuentran un sistema de canalizaciones minuciosamente estudiado, además de llevar a cabo la pavimentación de las pistas y calles de rodaje. Estas actividades se complementan con otras que, como fue mencionado antes, tienen el fin de minimizar los impactos negativos y potenciar los positivos. Dentro de estas medidas correctivas, que se detallan en los ítems siguientes, se puede mencionar la rotación de cultivos y la incorporación de árboles en el perímetro con una buena capacidad absorbente de agua. Si bien estas medidas se proponen en el sector en estudio, lo ideal sería extenderlas a todas las áreas cultivables dentro de la cuenca de La Picasa, área altamente inundable.

El aeródromo, además de actividades recreativas y educativas como son las del AeroClub, posee actividades de índole agroaéreas. En dicho predio coexisten cuatro empresas privadas de aeroaplicadores (aviones equipados con tecnología para pulverizar productos fitosanitarios), las cuales deben acatar la normativa municipal que se detalla a continuación.

4.1. Ordenanza Nro 3266/2021

Los límites agronómicos de la ciudad de Rufino fueron definidos en la ordenanza citada. Pueden observarse en la *Figura 4.1*.

Queda prohibida la aplicación terrestre o aérea de productos fitosanitarios dentro de los límites establecidos, con excepción de aquellas aplicaciones terrestres que sean compatibles con producciones de tipo orgánico y/o agroecológicas.

Se entiende por producciones de tipo orgánicas y/o agroecológicas, a todas aquellas consideradas en la Ley Nacional 25.197/99.

Dicha Ley establece que la calificación de un producto como ecológico, biológico u orgánico sólo se otorgará a aquellas materias primas, productos intermedios, productos terminados y subproductos que provengan de un sistema donde se hayan aplicado las prácticas establecidas en la reglamentación de la Ley. La autoridad de aplicación de la misma es la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, a través del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

A su vez se establece un área de exclusión de 50 metros a partir del límite agronómico, en la cual se aplican las mismas disposiciones que para el área dentro del límite.

También se fija un área de amortiguamiento determinada por una superficie adyacente al área de exclusión, con una extensión de 500 metros contados desde el límite agronómico. En la misma sólo es posible la aplicación terrestre de productos fitosanitarios clase toxicológica IV, teniendo en cuenta el listado vigente de productos autorizados por SENASA.

Se permitirá la aplicación aérea de productos fitosanitarios clase toxicológica IV (banda verde) y clase toxicológica III (banda azul) a partir de los 1500 metros y hasta los 3000 metros contados desde punto cero del límite agronómico.

Queda prohibida la aplicación aérea de productos fitosanitarios clase toxicológica II y clase toxicológica I desde el límite agronómico hasta los 3000 metros.

Excepcionalmente se podrá realizar la solicitud de aplicación aérea entre los 500 y 1500 metros contados desde el límite agronómico, de productos fitosanitarios clase toxicológica IV (banda verde). Dicha excepción requerirá la presentación de un informe técnico justificando la circunstancia que amerita la realización de dicha práctica, como la imposibilidad de acceso al campo por vía terrestre, o intransitabilidad del lote por falta de pisos). La autoridad municipal determinará la autorización o rechazo de la aplicación.

La ordenanza establece que se deberá solicitar formalmente a la Municipalidad con 48 horas de antelación como mínimo, la autorización para realizar las aplicaciones de fitosanitarios y de fertilizantes, tanto terrestres como aéreas dentro todas las áreas mencionadas mediante la correspondiente receta fitosanitaria de aplicación, indicando día y horario estimado de realización firmada por un ingeniero agrónomo matriculado y habilitado para tal fin.

A su vez se establecen estímulos para aquellos productores que adopten buenas prácticas demostrables y trazables:

- Quedarán exentos de pago de autorización de receta aquellos productores que deseen aplicar productos compatibles con la producción orgánica y/o agroecológica, contempladas en la Ley Nacional 25127.
- Se adoptarán metodologías de evaluación de impacto ambiental de sólida y reconocida base científica, como por ejemplo el cálculo del índice EIQ, que permite diseñar estrategias tendientes a la disminución del impacto ambiental, como de los efectos de posible toxicidad crónica en seres humanos, de los fitosanitarios a utilizar.

Los productores que demuestren la mejora de este índice o se mantengan en el valor mínimo admisible objetivo contarán con el beneficio de la bonificación de aranceles por pedido de autorización de receta fitosanitaria, acreditable para la siguiente campaña.



Figura 4.1 - Límites agronómicos Rufino. Ordenanza 3266/2021.

La ordenanza establece lo siguiente respecto a los equipos aplicadores de productos fitosanitarios:

- Sólo podrán realizarse las aplicaciones con operarios que cuenten con capacitación vigente y equipos habilitados que posean su número de matrícula claramente visible, de modo de que el mismo sea fácilmente identificable.
- Los vuelos destinados a aplicaciones de productos fitosanitarios no podrán sobrevolar el área urbana, el área cero y el área de amortiguamiento, independientemente de que las aeronaves estén o no cargadas con productos fitosanitarios.
- Los aplicadores aéreos deberán presentar a la Municipalidad la ruta de vuelo realizada durante la aplicación

En cuanto a los depósitos menciona:

- Las personas físicas o jurídicas que se dediquen a la elaboración, formulación, fraccionamiento, distribución, transporte, almacenamiento, comercialización de productos fitosanitarios deberán encontrarse habilitados e inscriptos en el Registro Provincial correspondiente.
- Los depósitos de productos fitosanitarios deberán cumplir con todos los requisitos establecidos en la normativa provincial.

El **Decreto Reglamentario de la Ley de Productos Fitosanitarios Nº 0552/97 (Provincia de Santa Fe)** establece lo siguiente respecto a los depósitos de productos fitosanitarios:

UBICACIÓN

- Respecto a establecimientos de enseñanza, centros de salud, centros de recreación (clubes, estadios deportivos, etc.), deberá existir una distancia en línea recta no menor a cien (100) metros.
- Respecto a propiedades vecinas no contempladas en el párrafo anterior, deberá existir una distancia mínima de tres (3) metros.

CONDICIONES EDILICIAS

- **PISOS:** Serán impermeables con pendientes que permitan coleccionar líquidos destinados a una cámara con una capacidad mínima no inferior a cuatro (4) metros cúbicos, que a su vez dispondrá de un sistema eléctrico o manual de evacuación. Queda terminantemente prohibida su conexión con cursos de agua o canales que desagoten en cursos de agua.
- **VENTILACIÓN:** Las ventanas deben ubicarse a una altura mínima de dos (2) metros sobre el nivel del piso y corresponde un (1) metro cuadrado de ventilación por cada siete (7) metros de pared. En caso que la superficie del depósito sea de cien (100) metros cuadrados o mayor deberá disponerse de un sistema de ventilación forzada. Los portones tendrán un ancho mínimo de cuatro (4) metros y una altura no inferior a tres metros con cincuenta centímetros (3,50).
- **ILUMINACIÓN ELÉCTRICA:** La instalación deberá ser antiincendio y las cajas que contienen llaves deben poseer tapas. Los cables y artefactos de iluminación deberán estar aprobados conforme a las normas de seguridad industrial usuales y habituales en el mercado, estos elementos de iluminación deberán estar ubicados a una distancia no menor de dos (2) metros por sobre la estiba más alta.

ELEMENTOS DE SEGURIDAD

- Extinguidores de incendio.
- Elementos de protección: casco, guantes impermeables y mascarar con filtros apropiados para plaguicidas.
- Los depósitos no tendrán en su interior cocinas, baños, o vestuarios, o cualquier otra habitación destinada a permanencia de personal, aún en el caso de vigilancia.

4.2. El Aeródromo y la normativa

Como se puede observar en la *Figura 4.2*, el aeródromo de Rufino (y por ende el almacenamiento de los productos fitosanitarios) se ubica a 620 metros respecto a establecimientos de enseñanza, centros de salud, centros de recreación (clubes, estadios deportivos, etc.) como lo exige el decreto reglamentario de la Ley de Productos Fitosanitarios N° 0552/97.

Las empresas de aeroplacadores que coexisten en el aeródromo actualmente cuentan con las siguientes aeronaves destinadas a la fumigación:

- Cessna Ag Wagon
- Air Tractor 402
- Piper Pawnee 235 (se tienen dos iguales)
- Piper Brave 300 HP
- Cessna Ag Husky

A modo de recomendación, se considera que sería positivo pavimentar las inmediaciones de los hangares con materiales adecuados para estar en contacto con productos fitosanitarios, a los fines de tener una mayor zona impermeable a la hora de trabajar con dichos agroquímicos. El diseño y cálculo estructural de este pavimento no hace a los fines del proyecto, ya que se está trabajando sobre el AeroClub de Rufino y, si bien estos hangares se encuentran dentro del aeródromo, no forman parte del AeroClub.

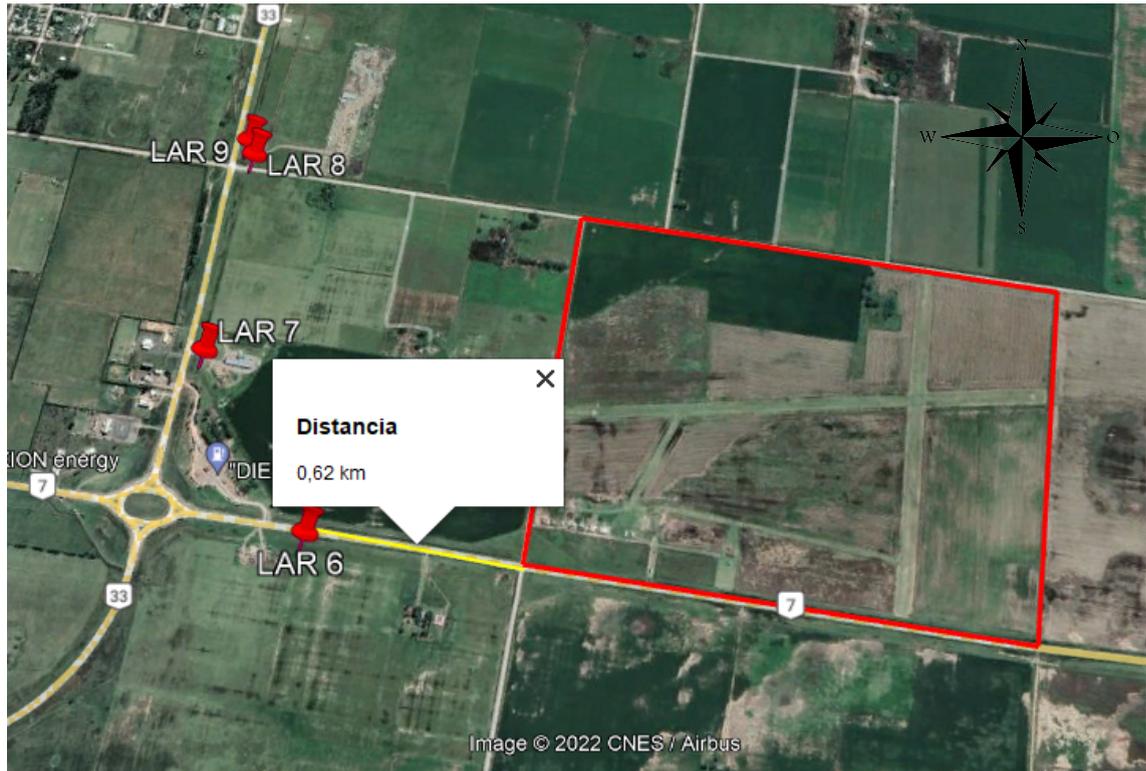


Figura 4.2 - Aeródromo- Límites agronómicos Rufino.

4.3. Propuesta rotación de cultivos y reforestación

En la zona del aeródromo actualmente se cultiva soja y trigo, según lo permitido por la ANAC (Administración Nacional de Aviación Civil) para el predio. En la *Figura 4.3*, el color verde representa el cultivo de soja, mientras que el violeta indica zona “no agrícola” según las referencias del GeoINTA. Se demarca a su vez la zona del aeródromo de Rufino con un rectángulo de color rojo.

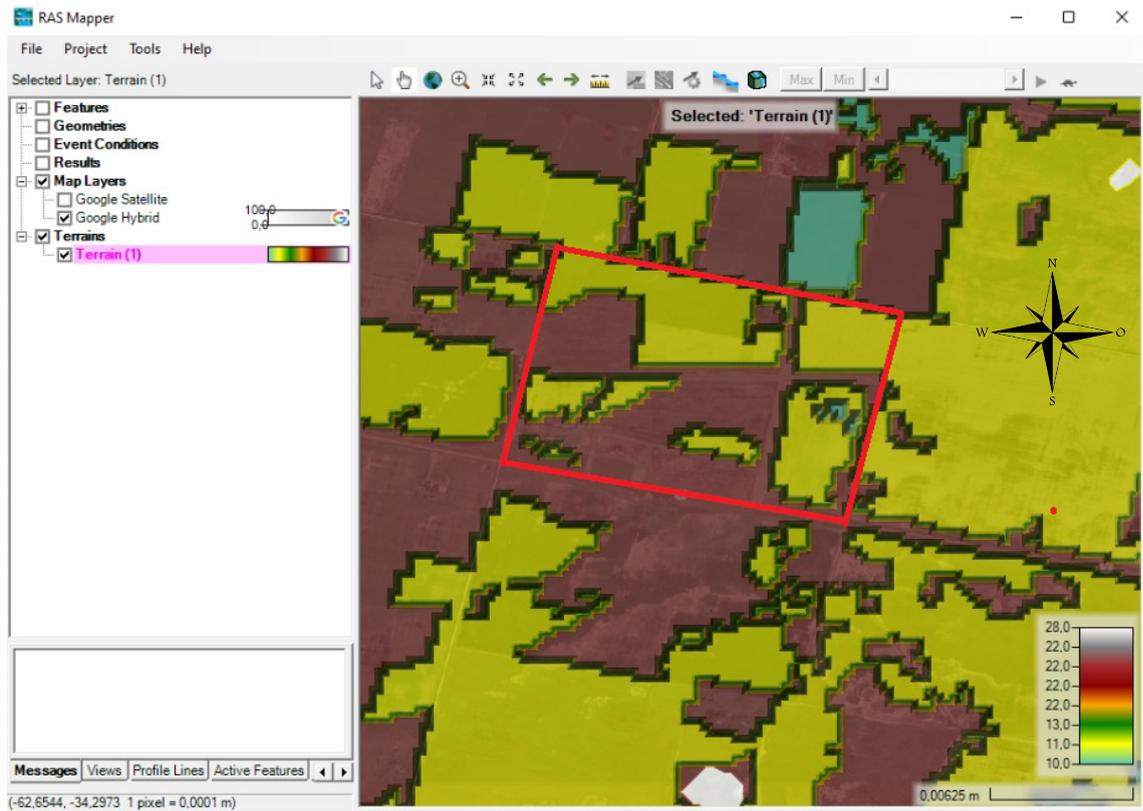


Figura 4.3 - Cultivos campaña Verano 2021. Archivo tiff descargado de la página web de GeoINTA.

Es usual encontrar en el país cultivos que se siembran en esquemas de rotación con soja y maíz, lo cual mejora la fertilidad del suelo, mejora el balance del agua e incrementa la biodiversidad de los ambientes productivos. Sin embargo no es lo usual cultivar maíz en un aeródromo, sino que se suelen sembrar cultivos de baja altura. Además debe intentarse no atraer aves ya que representan un peligro para las actividades del aeródromo.

Uno de los principales beneficios de realizar una rotación en los cultivos es una mayor capacidad de retención de agua de lluvia, favoreciendo el “efecto esponja”, es decir que el agua de lluvia penetre en el suelo. Esta acción favorecería la situación actual contribuyendo justamente a la resolución de la problemática que se intenta resolver.

Las leguminosas son conocidas como cultivos de cobertura productores de nitrógeno. Algunos ejemplos de leguminosas son el trébol encarnado y blanco, el caupí, la alfalfa, la veza y las habas.

A su vez, mantener el suelo siempre cubierto con cultivos de cobertura hace que siempre haya raíces oxigenando la tierra, y se evita la erosión del suelo y la formación de cárcavas.

Un estudio del INTA Cañada de Gómez (Provincia de Santa Fe) demostró los beneficios que aportan la avena y la vicia (leguminosa) en las rotaciones de soja. Su incorporación mejora los balances de agua y de nutrientes para el cultivo principal y, además, protege la superficie de la erosión hídrica.

Los terrenos de particulares situados en los alrededores de los aeropuertos pueden emplearse para la explotación agropecuaria, siempre y cuando esto no sirva para atraer las aves con el consiguiente peligro para la aviación. Es por ello que se recomienda que esta clase de actividades no se instalen en un radio de 5 km alrededor del aeropuerto.

Por ende se recomienda realizar un esquema de rotación de cultivos de soja y vicia, si bien actualmente se permite en el aeródromo el cultivo de soja y trigo.

Por otro lado, se propone reforestar el perímetro norte del aeródromo con eucaliptos. Las plantas que conforman el paisaje aeroportuario deben seleccionarse con mucho cuidado, evitándose aquellas que posean frutos y semillas que puedan atraer aves o animales silvestres. Asimismo, evítese la creación de zonas con espesor que puedan utilizar grupos de especies para pernoctar. Reducir el tamaño de la copa de los árboles o eliminar algunos de ellos de manera selectiva, para incrementar su separación, puede contribuir, de ese modo, a eliminar las pernoctaciones de aves en los árboles de los aeropuertos (disposiciones de la ANAC).

La selección de este tipo de árbol radica en el gran consumo de agua que tiene. La presencia de eucaliptos en el perímetro norte del aeródromo podría afectar el flujo hídrico colaborando con la problemática de anegamiento del terreno. Un elemento a tener en cuenta es el hábito foliar de las distintas especies. Los eucaliptos son siempreverdes, es decir que pueden usar agua durante todo el año.

La Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo (Chile), afirma que “un solo eucalipto de 3 años de edad consume 20 litros de agua por día, y a los 20 años de edad el árbol puede consumir hasta 200 litros por día”.

En el siguiente esquema de la *Figura 4.4* se indica la disposición propuesta para esta nueva arbolada.

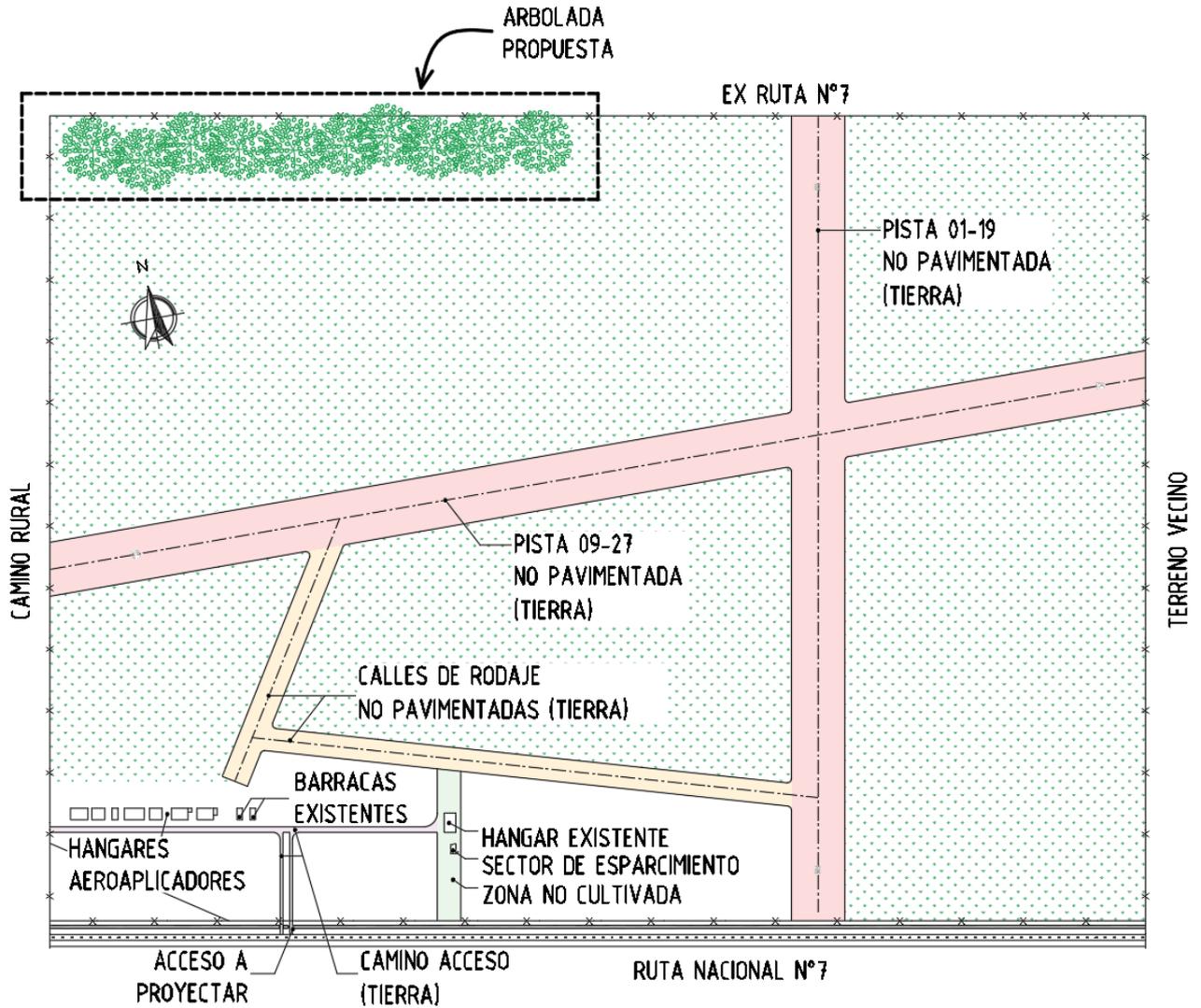


Figura 4.4 - Esquema de distribución de la nueva arbolada propuesta.

4.3. Identificación de objetivos de desarrollo sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Globales, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad.

En este ítem se procede a evaluar cómo el presente proyecto contribuye con los ODS, particularmente a través los siguientes objetivos y metas:

9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN
E INFRAESTRUCTURAS



La industrialización inclusiva y sostenible, junto con la innovación y la infraestructura, pueden dar rienda suelta a las fuerzas económicas dinámicas y competitivas que generan el empleo y los ingresos. Estas desempeñan un papel clave a la hora de introducir y promover nuevas tecnologías, facilitar el comercio internacional y permitir el uso eficiente de los recursos.

El proyecto se encuentra fuertemente asociado a esta meta, ya que se presentan diversas propuestas de infraestructura: pavimentación de pistas, mejoramiento de accesos y caminos y creación de espacios para administración, usos múltiples y educación. Estos últimos espacios se diseñan con estructuras metálicas, las cuales pueden ser recuperables y con envolventes que dan una muy buena eficiencia energética, reduciendo la necesidad de acondicionamiento activo.

En este contexto, las metas vinculadas a este proyecto son:

9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.

8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO



Un crecimiento económico inclusivo y sostenido puede impulsar el progreso, crear empleos decentes para todos y mejorar los estándares de vida.

Para poder erradicar la pobreza es necesario garantizar empleos decentes y estables. El trabajo decente implica que todas las personas tengan oportunidades para realizar una actividad productiva que aporte un ingreso justo, seguridad en el lugar de trabajo y protección social para las familias; que ofrezca mejores perspectivas de desarrollo personal y favorezca la integración social.

El proyecto que se está realizando sobre el aeródromo de Rufino, introduce mejoras en las instalaciones del AeroClub. Dentro de estas mejoras, se proyecta y diseña un espacio para usos múltiples dotado con una cafetería, lo que genera nuevos puestos de trabajo para la población. Por otra parte, y también ligado con otra de las metas que se desarrollará más adelante, el AeroClub cuenta con hectáreas de campo cultivable que se explotan con el fin de generar ingresos para el mantenimiento del predio. Esta actividad, además de

contemplar la esfera ambiental, suma más puestos de trabajo que contribuyen con el objetivo número 8 de los ODS.

Las metas vinculadas a este proyecto son:

8.3 Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros.

8.8 Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios



El mundo cada vez está más urbanizado. Desde 2007, más de la mitad de la población mundial ha estado viviendo en ciudades, y se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60 % para 2030.

Las ciudades y las áreas metropolitanas son centros neurálgicos del crecimiento económico, ya que contribuyen al 60 % aproximadamente del PIB mundial. Sin embargo, también representan alrededor del 70 % de las emisiones de carbono mundiales y más del 60 % del uso de recursos.

La rápida urbanización está dando como resultado un número creciente de habitantes en barrios pobres, infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (como la recogida de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), lo cual está empeorando la contaminación del aire y el crecimiento urbano incontrolado.

Las metas vinculadas a este proyecto son:

11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

11.7 De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.

El proyecto del aeroclub se vincula principalmente con esta última meta, ya que garantiza una gran amplitud de zonas verdes y espacios públicos seguros, accesibles e inclusivos.



El 2019 fue el segundo año más caluroso de todos los tiempos y marcó el final de la década más calurosa (2010-2019) que se haya registrado jamás.

Los niveles de dióxido de carbono (CO₂) y de otros gases de efecto invernadero en la atmósfera aumentaron hasta niveles récord en 2019.

El cambio climático está afectando a todos los países de todos los continentes. Está alterando las economías nacionales y afectando a distintas vidas. Los sistemas meteorológicos están cambiando, los niveles del mar están subiendo y los fenómenos meteorológicos son cada vez más extremos.

A pesar de que se estima que las emisiones de gases de efecto invernadero caigan alrededor de un 6 % en 2020 debido a las restricciones de movimiento y las recesiones económicas derivadas de la pandemia de la COVID-19, esta mejora es solo temporal. El cambio climático no se va a pausar. Una vez que la economía mundial comience a recuperarse de la pandemia, se espera que las emisiones vuelvan a niveles mayores.

Es necesario tomar medidas urgentes para abordar tanto la pandemia como la emergencia climática con el fin de salvar vidas y medios de subsistencia.

Las metas de este objetivo ligadas al presente proyecto son:

13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

13.3 Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

5. PROYECTO HIDRÁULICO

5.1. Modelación hidrológica

5.1.2. Trazado de cuencas

El concepto de cuenca parece sencillo a primera vista. Consideramos que cada cuenca está separada de las que le rodean por una línea divisoria de las aguas, que se traza en un plano con curvas de nivel, según las líneas de máximas alturas que bordean la cuenca; se define así la cuenca vertiente topográfica que puede, a veces, diferir de la cuenca vertiente real.

Se puede observar en la siguiente imagen cómo es la topografía de la zona según las curvas de nivel.



Figura 5.1 - Topografía de la zona.

5.1.3. Trazado de divisorias

Se denomina divisoria a la línea de contorno de la cuenca vertiente relativo a un punto de cierre. En principio podemos distinguir entre divisoria topográfica y divisoria hidrográfica. La primera línea sería la línea que separa las aguas que superficialmente llegan al punto estudiado de las que pasarían a otras cuencas. La divisoria hidrográfica tiene en cuenta, además, el recorrido del agua infiltrada en el terreno.

Normalmente, ambas divisorias pueden considerarse como coincidentes en una primera aproximación, por lo que se darán reglas prácticas para el trazado de la divisoria topográfica.

- La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel
- Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa
- Cuando la altitud de la divisoria va disminuyendo, ésta corta a las curvas de nivel por su parte cóncava
- La línea divisoria nunca debe cortar a un curso de agua, excepto en el punto del que queremos obtener su divisoria.

A continuación puede observarse la cuenca natural asociada a nuestro punto de cierre ubicado sobre la RN7, donde intersecta con el límite del terreno del aeródromo.

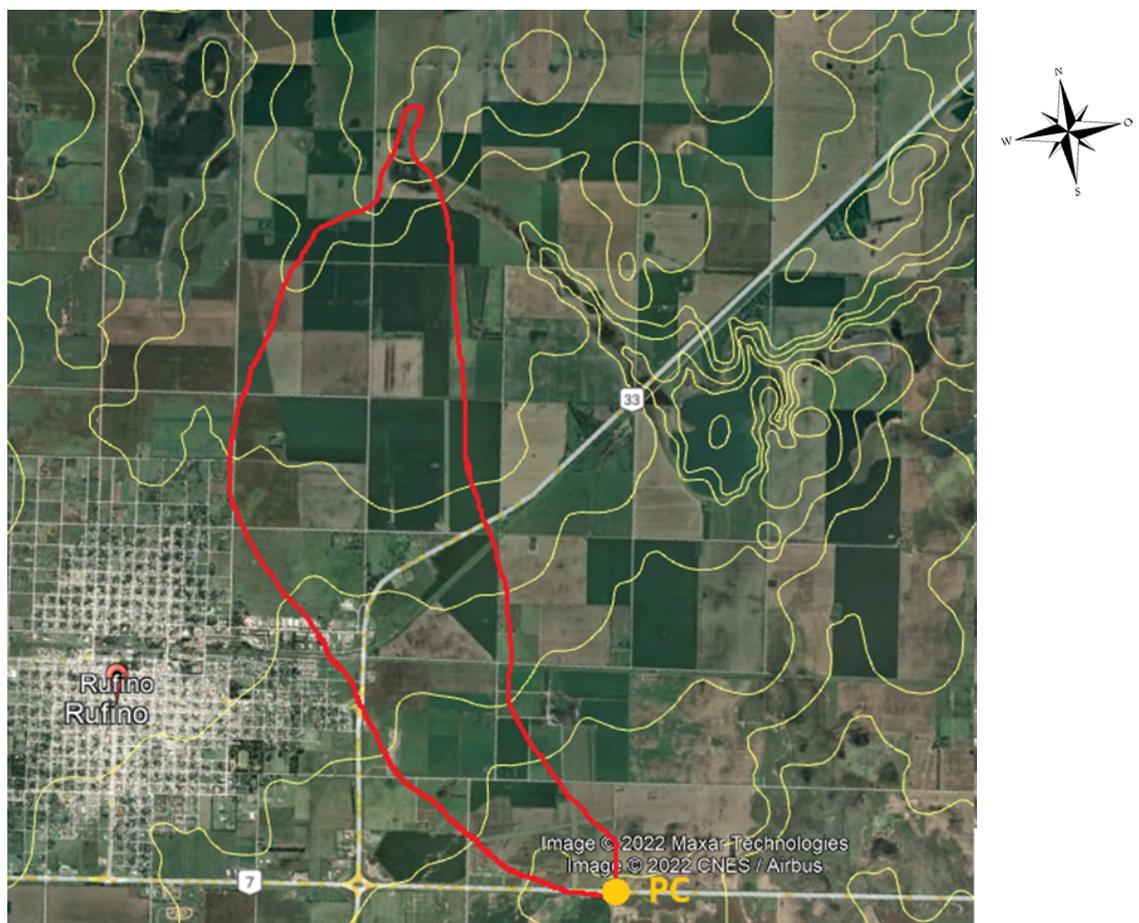


Figura 5.2 - Cuenca natural asociada al punto de cierre.

Si ahora consideramos la intervención antrópica, la cuenca se ve reducida ya que la RN 7, RN 33 y la ex RN 7 representan barreras hidráulicas, se trata de rutas que tienen una mayor elevación. Además, esto puede determinarse a partir del estudio de las imágenes satelitales que se tienen de Google Earth, observando las mismas para distintos períodos de humedad y viendo si se produce retención de agua.

Por otro lado, se observa una alcantarilla que cruza a la RN7 en la zona en estudio.



Figura 5.3 - Alcantarilla sobre RN 7.

Por ende se considera que el agua que llega hasta esa sección de la ruta se desvía hacia el sur. Esto se respalda con el hecho de que las cunetas a ejecutar se diseñarán con un período de retorno o recurrencia igual a 10 años inferior a los 20/25 años con los que se suelen dimensionar las alcantarillas importantes.

Quedando finalmente nuestra cuenca de estudio con la siguiente configuración:

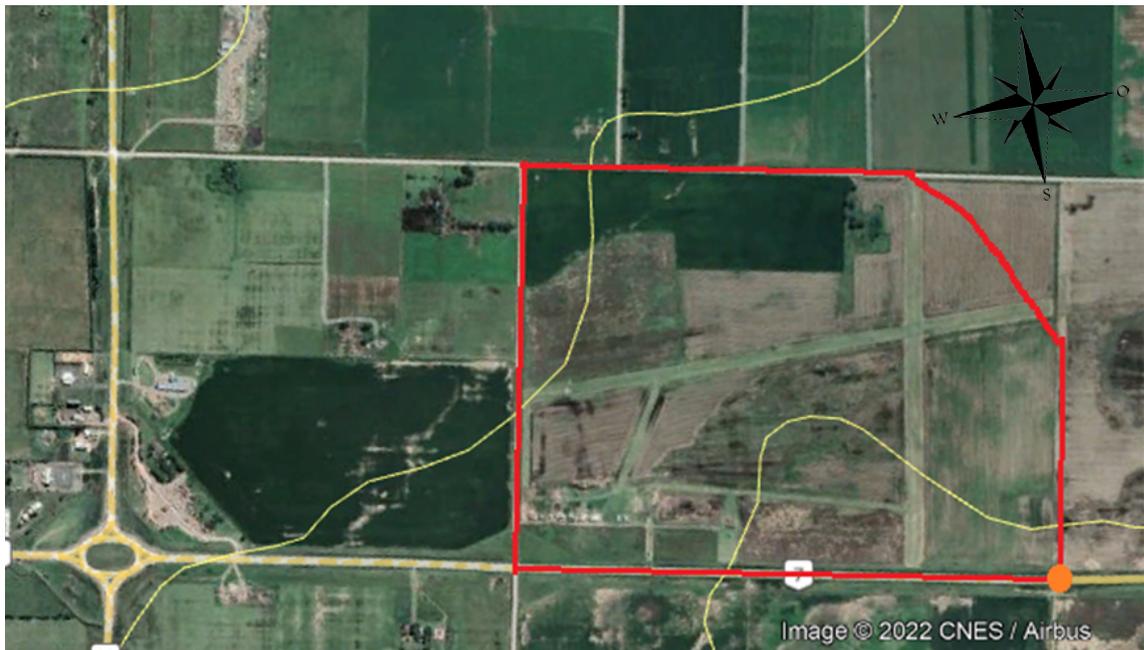


Figura 5.4 - Cuenca de estudio adoptada.

5.2. Método racional

Para el cálculo del proyecto se hará uso del método racional: Un método apropiado para estudio de cuencas pequeñas (100 a 200 has). Posee las siguientes hipótesis:

- La intensidad de lluvia es constante en el tiempo.
- La intensidad de lluvia es constante en el área de la cuenca.
- La relación entre caudal que ingresa y sale de la cuenca es constante en el tiempo.

Dado que la subcuenca de estudio posee 2.48 km² se puede suponer uniformidad espacial y temporal de la lluvia y baja variación temporal de pérdidas. Por otro lado, para la mayoría de las lluvias, dichas cuencas entran en régimen, satisfaciendo la hipótesis de caudal máximo a la salida para $D > T_c$.

Se utiliza la versión modificada de este método, la cual tiene en cuenta varias subcuencas dentro de la cuenca de estudio. Se determinan los caudales por tramos. En tramos consecutivos se le añade al tiempo de concentración el tiempo que tarda el agua en fluir en forma encauzada (en la cuneta).

5.3. Caudal

Para comenzar el método define el caudal escurrido, el caudal generado por la cuenca es proporcional al caudal de lluvia caída, por lo que resulta:

$$Q = A \times I \times C / 360$$

Donde:

- Q: caudal [m³/s]
- A: área de la cuenca [Has]
- I: intensidad de lluvia [mm/hs]
- C: coeficiente de escorrentía

Observación: si el área se expresa en km², el cociente es 3.6.

5.4. Recurrencia

El mismo se adopta en función de distintos parámetros, como por ejemplo:

- Costo de las obras
- Capacidad del cuerpo receptor

- Espacio físico disponible
- Daños materiales producidos al superarse la capacidad de la obra
- Riesgos para la vida humana al superarse la capacidad de la obra
- Actividades que se desarrollan en el predio

Se opta por trabajar con una recurrencia de 10 años, debido a que se trata de una cuenca rural, de poca superficie. En caso de que se supere el evento hidrológico de diseño no habría riesgos de pérdidas de vidas humanas, obteniéndose como daño colateral la interrupción de la actividad en el predio, siendo a su vez reparable económicamente.

5.5. Tiempo de concentración

Será el tiempo que el agua tarda en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta la sección donde descarga.

Para el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca asociada al AeroClub de la ciudad de Rufino se propone trabajar con el método cinemático (SCS), el cual se basa en el cálculo de las velocidades medias del flujo hídrico y consiste en sumar los tiempos que tarda en recorrer los distintos tramos, analizados como la relación entre la longitud y la velocidad del flujo. Dicho análisis considera una velocidad de flujo mantiforme (a través de campo). Para las velocidades de este tipo de flujo se utilizan valores de referencia expresados en el Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe. Así, se toma una velocidad de 0.10 m/s.

También se debe contemplar el flujo encauzado, es decir, aquel que se corresponde con las cunetas que diseñamos. Para este caso se adopta una velocidad máxima calculada con Chezy-Manning a partir de las pendientes y secciones adoptadas.

Así, el tiempo de concentración de la cuenca será la suma del tiempo de escurrimiento mantiforme y el tiempo de escurrimiento semiencauzado.

$$T_c = T_{\text{MANTIFORME}} + T_{\text{SEMIENCAUZADO}}$$

Se adopta como mínimo un $T_c = 10$ min al cual le corresponde una $I = 142,11$ mm/h debido a que para T_c menores a dicho valor la fórmula arroja valores de intensidad "I" excesivos que no se corresponden con la realidad.

5.6. Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento es la variable que presenta mayor incertidumbre en su determinación. El porcentaje de lluvia que producirá escurrimiento dependerá de la mayor o menor permeabilidad del sector en estudio. A su vez, este parámetro depende de las características y condiciones del suelo (composición textural y grado de compactación), de la cobertura vegetal, del uso del suelo, del porcentaje de área impermeable, etc.

Dado que en el área de estudio se presentan heterogeneidades (distintos grados de permeabilidad) se determina un coeficiente de escurrimiento ponderado para el área total:

$$C = \frac{1}{A} \sum C_k A_k$$

Donde C_k es el coeficiente de escurrimiento asociado a la k -ésima subarea A_k .

Para determinar los coeficientes de escurrimiento se identificaron los usos de suelo a través de la interpretación de imágenes satelitales y de su constatación en campo y se los asocia un valor que se obtiene de tablas específica del tema (Chow et al, 1988; McCuen 1998).

En la *Figura 5.5* se indican los distintos usos de suelos utilizando un código de colores.

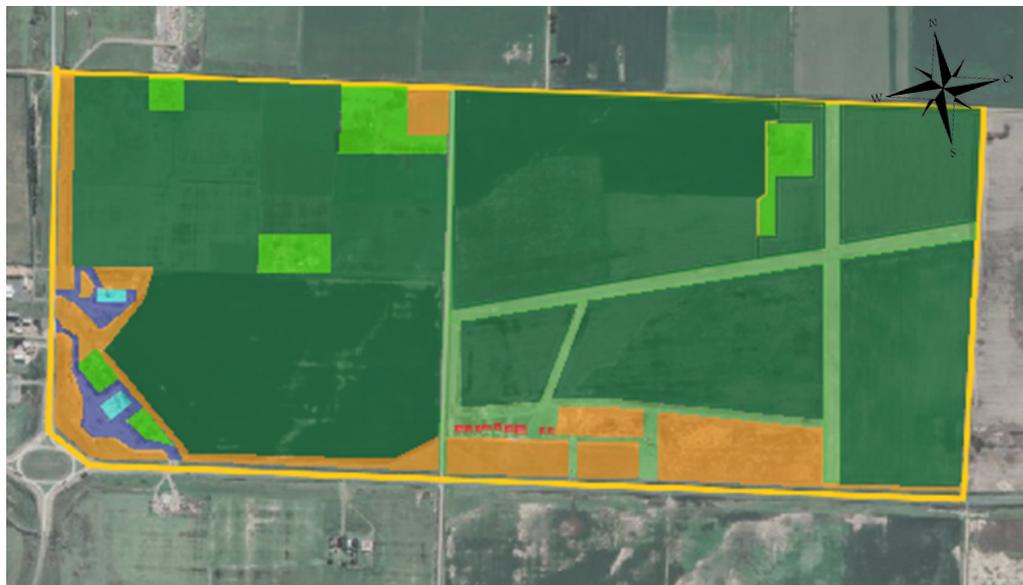


Figura 5.5 -Usos de suelo.

Referencias:	
	Límite de la subcuenca de estudio
	Sector de Hangares
	Área industrial poco densa
	Área industrial densa
	Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana)
	Forestal menos del 50% del terreno cubierto
	Suelo desnudo compactado
	Cultivo extensivo

Figura 5.6 - Usos de suelo.

Área cuenca [km ²]			1,37
Coberturas	Área [km ²]	% de sup.	C
Sector de Hangares	0,002	0,15	0,6
Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana)	0,229	16,72	0,44
Forestal menos del 50% del terreno cubierto	0,07	5,11	0,33
Suelo desnudo compactado	0	0,66	0,63
Cultivo extensivo	1,06	77,37	0,21
Coefficiente de escorrentía ponderado			0,26

Tabla 5.1 - Coeficiente de escorrentía.

5.7. Precipitación de diseño

Debido a que no se cuenta con datos pluviográficos de la localidad de Rufino, para la determinación de la precipitación de diseño se utilizan los resultados del estudio presentado en el XXI Congreso Nacional del Agua 2007, en el trabajo "Validación de relaciones IDF generalizadas a nivel regional en el Norte Argentino".

En el mismo, como parte de los resultados, se brindan parámetros de distintas estaciones en el país para utilizar la ecuación de Sherman y así construir las curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia/período de retorno).

Una de las estaciones incluídas en el informe se encuentra en Laboulaye (Córdoba) situada a 67km de Rufino. Los datos brindados se obtuvieron para valores de $r = 0.99$ o mayores (r : coeficiente de determinación de la predicción).

Id.	No.	Estación	Provincia	Parámetros de la Función IDF			
				a	b	c	d
A	1	Famailá	Tucumán	3451.00	24.66	0.95	0.21
B	2	Concordia	Entre Ríos	750.69	13.94	0.72	0.27
C	3	Resistencia	Chaco	982.17	13.80	0.69	0.15
D	4	Salta	Salta	910.07	17.65	0.79	0.20
F	5	Formosa	Formosa	1432.27	21.36	0.78	0.16
G	6	Conc. del Uruguay	Entre Ríos	496.50	4.15	0.61	0.12
H	7	La Rioja	La Rioja	1481.62	9.00	0.86	0.30
I	8	Río Cuarto	Córdoba	1840.57	23.00	0.92	0.21
J	9	Laboulaye	Córdoba	1229.50	11.00	0.86	0.20
K	10	Rosario	Santa Fe	1255.00	14.00	0.83	0.21
L	11	Santiago del Estero	Santiago del Estero	7066.00	42.00	1.14	0.22
M	12	S. M. de Tucuman	Tucuman	318.48	3.93	0.52	0.20

Tabla 5.2 - Resumen de estaciones y parámetros de sus funciones IDF ajustadas a la fórmula de Sherman

Como se mencionó anteriormente, se utiliza la ecuación de Sherman, la cual se especifica a continuación:

$$i = \frac{aTr^d}{(t+b)^c}$$

Donde:

- Tr (Años): recurrencia de lluvia
- t (min): duración de la lluvia

a	b	c	d
1229,5	11	0,86	0,2

Tabla 5.3 - Coeficientes.

CURVAS IDF

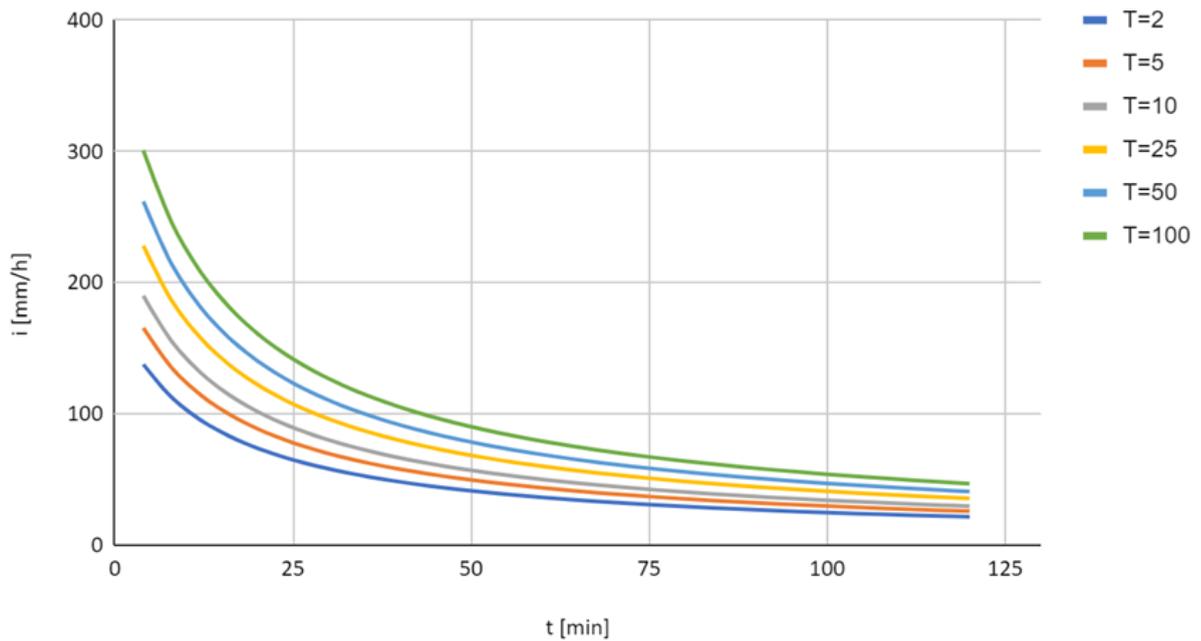


Gráfico 5.1 - Curvas IDF.

Se adopta $t=T_c$ de manera de que toda la cuenca se encuentre aportando simultáneamente al punto de salida. Para esta duración de lluvia, utilizando las curvas IDF se obtiene una intensidad de 14.8mm/h.

5.8 Alternativas de canalización

Alternativa N°1

Se presenta en la *Figura 1* del **Anexo 8** la configuración de las distintas subcuencas en función de las cunetas propuestas. Se indica también su sentido de escurrimiento.

Se adoptan cunetas de suelo natural, con las siguientes pendientes:

- Talud: 1:4
- Contratalud: 1:1

En la *Figura 5.7* se puede observar el perfil tipo correspondiente a la Alternativa N°1. Debido a la gran extensión horizontal, para la representación del mismo la escala vertical es 5 veces mayor a la horizontal.

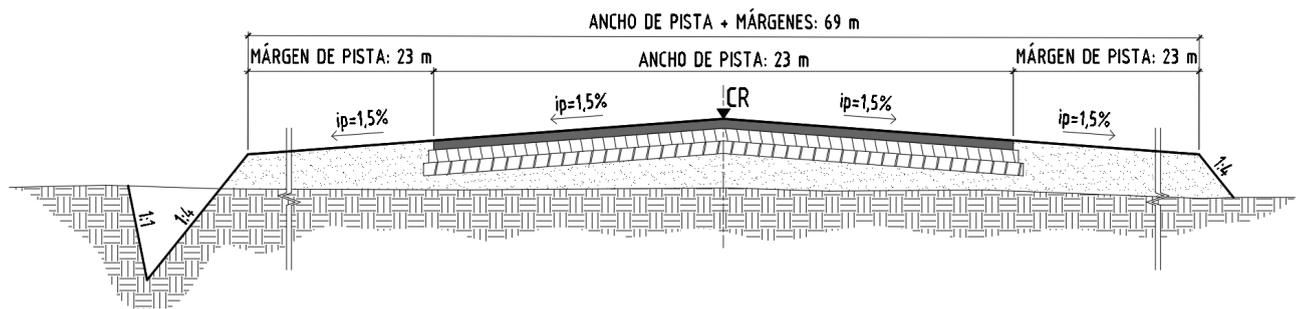


Figura 5.7 - Perfil tipo para la Alternativa N°1.

Los perfiles transversales y la altimetría se observan en el **Anexo 8**.

Para obtener el tiempo de concentración se suman los tiempos que el agua fluye de manera no encauzada y encauzada. Para calcular este último se toma una velocidad de escurrimiento dentro de las cunetas igual a la máxima. Se adopta como velocidad admisible en las cunetas 0,6 m/s teniendo en cuenta que el terreno se compone principalmente de limos.

Los cálculos pueden observarse en la Tabla 14.8.1. Ningún caudal supera el máximo admisible.

Alternativa N°2

Se plantea la posibilidad de utilizar canales de hormigón polímero con rejillas en su parte superior, los cuales se suelen aplicar en aeródromos, según lo investigado. Este material es un hormigón de carácter

sintético, en el cual se sustituye el cemento por una resina química compuesta de poliéster. Posee impermeabilidad, elevadas propiedades mecánicas y buena resistencia a los agentes químicos agresivos. La superficie del hormigón polimérico permite que el agua y las partículas de suciedad se escurran rápidamente y sean fáciles de limpiar.

Con esta alternativa se tiene por un lado una solución más segura, pero por otro, los canales son muy costosos y requieren de mucho mantenimiento. Se descarta esta opción pues no puede asegurarse el buen mantenimiento y se considera inferior el costo de terraplén (que es inevitable dadas las condiciones del lugar) al de las canalizaciones.

Se adopta finalmente otra alternativa, de cunetas de suelo natural pero dándole a los taludes una pendiente mayor a la propuesta en la alternativa 1, para otorgar mayor seguridad a la aviación.

Se adoptan las siguientes pendientes:

- Talud: 1:6
- Contratalud: 1:3

En la *Figura 5.8* se puede observar el perfil tipo correspondiente a la Alternativa N°2. Debido a la gran extensión horizontal, para la representación del mismo la escala vertical es 5 veces mayor a la horizontal.

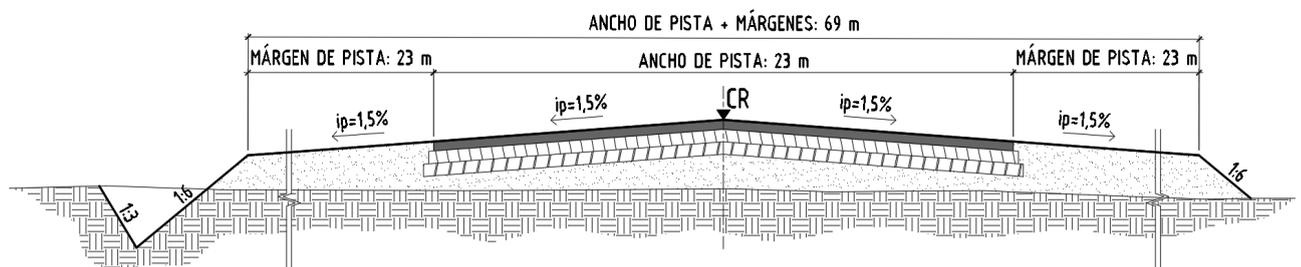


Figura 5.8 - Perfil tipo para la Alternativa N°2.

La planialtimetría y los perfiles transversales se observan en los **Planos 05 y 06**, respectivamente, del **Anexo 7**.

A su vez se plantea la modificación en algunos tramos los sentidos de escurrimiento tratando de disminuir las distancias de canalización para evitar grandes profundidades e intentando cruzar las pistas lo menos posible por si se da algún problema con las alcantarillas y hay que intervenir dañando el paquete estructural de la pista.

Con esta nueva propuesta, en lugar de desaguar toda la precipitación sobre la cuenca de estudio hacia la Ruta Nacional 7 (al Sur del predio), una parte se desagua hacia la Ex-Ruta Nacional 7 (hacia el Norte). Algunos tramos resultan en contrapendiente, pero debido a la baja pendiente del terreno no es relevante el movimiento de suelos extra frente a lo que se pueden achicar las profundidades.

Una pequeña parte (cuneta de caminos internos) desagua hacia el canal ubicado en el límite izquierdo de la cuenca estudio, definida en la *Figura 5.4*. Se evaluó desaguar una mayor porción del terreno pero dicho canal suele desbordarse con pequeñas lluvias.

A continuación, en la *Figura 5.9*, se observa la propuesta de cunetas y su sentido de escurrimiento. A su vez, se presenta esta misma información con mayor detalle en el Plano 03 del Anexo 7, incorporando además la configuración de las distintas subcuencas.

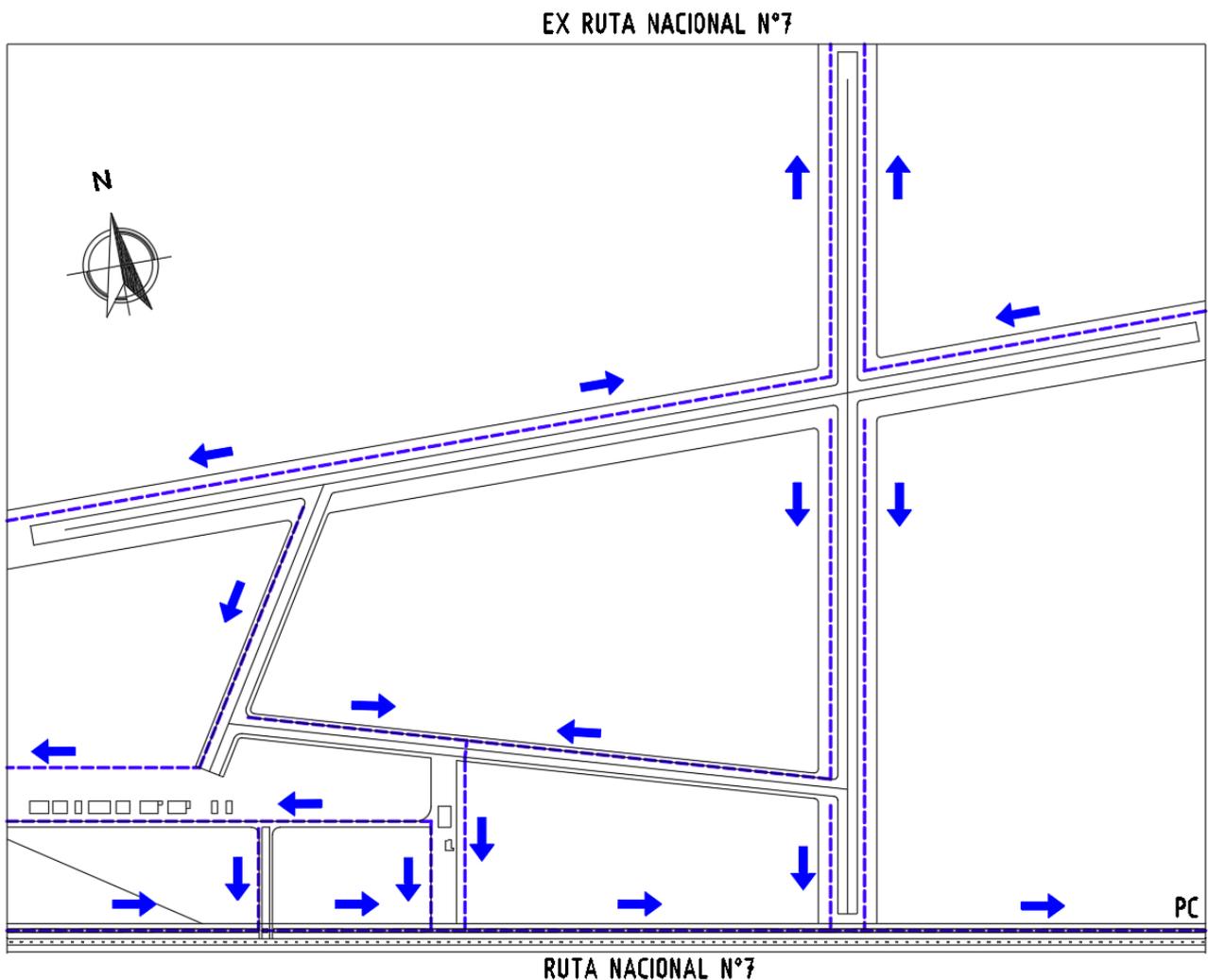


Figura 5.9 - Cunetas y sus sentidos de escurrimiento indicados en planta.

La metodología adoptada para las dimensiones y pendientes de los canales fue la siguiente: se planteó en los puntos más alejados aguas arriba de los distintos tramos, una profundidad mínima de 30 cm y una pendiente mínima del 1‰. Luego en función de los puntos de intersección o confluencia de tramos se variaron algunas pendientes para hacer coincidir las cotas de cuneta en dichos puntos.

Se conoce la cota en las cunetas de la RN7 en la intersección de la misma con la pista 01-19, la misma es de 8,72 m. Se verifica que las cunetas de la pista lleguen a una cota igual o mayor a esta. Puede observarse en el **Plano 05** del **Anexo 7** que la cota en la progresiva 969,02 es de 8,811 m, verificando dicha condición.

Por otro lado, las condiciones, pendientes y secciones de las cunetas de ambas rutas y del canal no se conocen. Debería realizarse un estudio más amplio de la zona, evaluando dichas secciones y si hay alguna obra de arte aguas arriba que genere alguna obstrucción. Esto queda fuera del alcance de nuestro proyecto, por no contar con los medios ni tiempos.

Los cálculos de los caudales de cada tramo pueden observarse en la *Tabla 1* del apartado 3.1 del **Anexo 3**. Ningún caudal supera el máximo admisible.

5.9. Movimiento de suelos

Se entiende por movimiento de suelos la técnica que trata sobre la formación de los terraplenes, desmontes y tareas afines, concernientes a una obra vial.

La limpieza del terreno consiste en tareas que se ejecutan para remoción de plantas y arbustos no leñosos, pastos, cañaverales, malezas y demás vegetación herbácea, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie sea apta para iniciar las tareas posteriores. Se propone retirar 10 cm de capa de suelo a modo de limpieza.

Las tareas de excavaciones consisten en todas las excavaciones necesarias para la construcción del camino o pista, e incluyen la ejecución de desmontes y faldeos; la construcción, profundización y rectificación de cunetas, zanjas y canales; la apertura de préstamos para extracción de suelos; la remoción de materiales para destape y tapado de yacimientos; la formación de rellenos; la extracción de materiales inadecuados en la zona donde se hará el camino; y todo otro trabajo de excavación necesario para la terminación del camino de acuerdo a lo previsto en el proyecto y a lo ordenado por la Supervisión de las obras.

Incluye asimismo la conformación, perfilado y conservación de todas las superficies formadas con los materiales no empleados en la construcción de las obras, o dejadas al descubierto por las excavaciones.

Las tareas de terraplenes consisten en la construcción de terraplenes con materiales aptos provenientes de los distintos tipos de excavaciones.

Estos trabajos incluyen la construcción y conservación de los terraplenes; la compactación de la base de asiento de los terraplenes; la conformación, perfilado y compactación; el riego con agua; y todo otro trabajo necesario para la correcta ejecución de los trabajos previstos en el proyecto.

Cuando la calidad del suelo de la subrasante no admite el apoyo del paquete estructural, se construye la subrasante mediante una o más capas de suelo seleccionado, de acuerdo a las previsiones del proyecto. En este caso, no fue necesario.

La compactación consiste en la compactación de los suelos hasta tener el grado de densificación establecido en el proyecto. Para obtener los coeficientes de transformación se utilizó la Tabla 5.4 a continuación.

Tabla 1: Rango de coeficientes de transformación
RANGO DE COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN

TIPO DE SUELO	DE CONDICIÓN	A CONDICIÓN		
		IN SITU	SUELTO	COMPACTADO
SUELO ARENOSO	IN SITU	1	1,07 - 1, 15	0,85 - 0,95
	COMPACTADO	1,05 - 1,18	-	1
LOAM	IN SITU	1	1,20 - 1,35	0,80 - 0,90
	COMPACTADO	1,11 - 1,25	-	1
SUELO ARCILLOSO	IN SITU	1	1,35 - 1,55	0,83 - 0,90
	COMPACTADO	1,08 - 1,20	-	1
ROCA	IN SITU	1	1,50 - 1,90	1,20 - 1,60 (*)
	COMPACTADO	0,63 - 0,83	-	1

(*) Corresponden a valores de pedraplén. Si la roca se incorpora al terraplén el coeficiente disminuye hasta 1.

Tabla 5.4 - Rango de coeficientes de transformación.¹⁰

Alternativa N°1

El movimiento de suelos calculado para la primera alternativa se puede observar en el **Anexo 8**.

Debido a que el terreno natural es muy llano en toda la extensión en estudio y debido a las limitaciones de tapada mínima de las alcantarillas, se llega a grandes profundidades con las cunetas.

La cota de la cuneta de la RN7 en la desembocadura planteada resultó limitante, obligándonos a elevar las demás cotas, incluyendo las cotas de desagüe de las alcantarillas, lo que elevó la rasante. Como consecuencia se obtuvo una gran necesidad de terraplén en el movimiento de suelos. Los valores resultantes son los siguientes:

- Terraplén:
 - Pista 09-27: 36.494,52 m³
 - Pista 01-19: 36.881,22 m³

¹⁰ Fuente: Movimiento de suelos - Apunte de cátedra de Transporte II de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR. Revisado y actualizado por Ing. Maria Alejandra Ferreyra e Ing. Sabina Fanelli.

- Calles de rodaje: 19232.97 m³

Finalmente:

- Total Terraplén: 92608.71 m³
- Total Préstamos: 78411.78 m³

No pudo realizarse compensación longitudinal de suelos. Los cálculos y diagramas de área se observan en el **Anexo 8**. A razón de esto se plantea la alternativa número 2 explicada en el apartado 5.7.

Alternativa N°2

Reduciendo el número de cruces de cunetas con la pista se pudo bajar la rasante, obteniéndose los siguientes valores:

- Terraplén:
 - Pista 09-27: 143,25 m³
 - Pista 01-19: 203,98 m³
 - Calles de rodaje: 97,70 m³
- Desmonte:
 - Pista 09-27: 68,85 m³
 - Pista 01-19: 58,3 m³
 - Calles de rodaje: 20,67 m³

Finalmente:

- Total Terraplén: 444,94 m³
- Total Desmonte: 147,83 m³
- Total Préstamos: 279,11 m³

Se pudieron constituir cámaras de transporte de suelos, resultando el valor del ítem transporte de suelos 72.77 Hm.m³.

Para mayor detalle, se puede observar el cálculo del movimiento de suelos en el **Anexo 5**.

6. DISEÑO DE PISTAS Y CALLES DE RODAJE

Los siguientes apartados contemplan los lineamientos especificados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC).

6.1. Clave de referencia y aeronave de diseño

6.1.1. Aeronaves disponibles

En primer lugar, para comenzar el diseño de las pistas se debe conocer las características de los aviones que operarán en ellas. Estos son:

Aero Boero 150

- Longitud: 7,27 m
- Envergadura: 10,72 m
- Altura: 2,1 m
- Peso de los avión vacío: 590 kg
- Carga útil: 411 kg
- Peso máximo de despegue: 1001 kg

Cessna 150

Es un avión biplaza de propósito general equipado con tren de aterrizaje triciclo fijo y ala alta, diseñado originalmente para realizar labores de entrenamiento, turismo y uso personal.

- Longitud: 7,5 m
- Envergadura: 10,2 m
- Altura: 2,6 m
- Peso del avión vacío: 504 kg
- Carga útil: 226 kg
- Peso máximo de despegue: 730 kg

Blanik L13

- Longitud: 13,7 m
- Envergadura: 16,2 m
- Peso del avión vacío: 292 kg
- Carga útil: 208 kg
- Peso máximo de despegue: 500 kg

Los valores limitantes de altura y envergadura (ancho) son: 2,6 metros y 16,2 metros.

6.1.2. Clave de referencia de aeródromo

El propósito de la clave de referencia es proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeródromo.

La clave que se seleccione para fines de planificación del aeródromo se determinará de acuerdo con las características de los aviones para los que se destine la instalación del aeródromo.

La clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características de funcionamiento y dimensiones del avión, un número y una letra:

- Número: se relaciona con la Longitud de Campo de Referencia (LCR) del avión, es decir, la longitud mínima necesaria para el despegue con el peso máximo homologado de despegue al nivel del mar, en atmósfera tipo, sin viento y con pendiente de pista cero, como se indica en el correspondiente manual de vuelo del avión, prescrito por la autoridad que otorga el certificado o los datos equivalentes que proporcione el fabricante del avión.
- Letra: se refiere a la envergadura de la aeronave y la distancia entre bordes externos del tren de aterrizaje principal de la aeronave.

Elemento 1 de la clave		Elemento 2 de la clave		
Núm. de clave (1)	Longitud de campo de referencia del avión (2)	Letra de clave (3)	Envergadura (4)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (a) (5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

Tabla 6.1 - Clave de referencia de aeródromo.

Núm. de clave	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
1 ^{a)}	18 m	18 m	23 m	—	—	—
2 ^{a)}	23 m	23 m	30 m	—	—	—
3	30 m	30 m	30 m	45 m	—	—
4	—	—	45 m ^{b)}	45 m	45 m	60 m

Tabla 6.2 - Anchura de pistas.

Para determinar dicha clave de referencia, es necesario determinar la **aeronave crítica**. Para ello, se piensa en cuál sería la aeronave más pesada que podría llegar a utilizar las pistas. Si bien el AeroClub posee un Cessna 150, un Aero Boero 150 y un Blanik L13, se toma como referencia una aeronave de mayores dimensiones, ya que se debe contemplar la posibilidad de que las pistas sean utilizadas por otros aviones, debido a que Rufino se encuentra sobre la aerovía W09, y además del de Laboulaye, el próximo aeródromo pavimentado se encuentra a 160 km en Venado Tuerto.

Dicho esto, se toma como aeronave crítica un Cessna Citation XLS. En un día estándar, el Citation XLS necesita solo 3,560 pies (1085,09 m) de pista para despegar y requiere 2,739 pies de pista para aterrizar. Dicha aeronave cuenta con una capacidad para 9 pasajeros. Este cuenta con una envergadura de 17,17 m.



Figura 6.1 - Cessna Citation XLS.

✈ Rango de vuelo: 3 440km	✈ La anchura del compartimiento de pasajeros: 1.68m
✈ Velocidad de crucero: 802km / hora	✈ altura de la cabina: 1.73m
✈ La mayor altitud: 13716m	✈ El volumen del compartimiento de pasajeros: m ³ 13.05
✈ El mayor peso de despegue: 9163kg	✈ Longitud: 16m
✈ El mayor número de pasajeros: 12	✈ Altura: 5.23m
✈ El mejor número de pasajeros: 7	✈ Envergadura: 17.17
✈ Longitud interior: 5.64m	

Figura 6.2 - Características del Cessna Citation XLS.

En función de lo expresado anteriormente, se tiene que la clave de referencia del aeródromo es **2B**. Por esto, se define según la *Figura 6.2* que el ancho de las pistas debe ser de 23 m.

Por otro lado, la longitud verdadera de toda pista principal no deberá ser menor que la longitud más larga determinada por la aplicación a las operaciones de las correcciones correspondientes a las condiciones locales y a las características de performance de los aviones que tengan que utilizarla. Por ende, a continuación se calcula la longitud efectiva de la pista 09-27.

Cálculo de la Longitud Efectiva de la pista para el Cessna Citation XLS

La longitud de pista requerida para despegar el Cessna Citation XLS en un emplazamiento plano situado al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo es de 1085,09 m (3560 pies). Esta longitud debe ser afectada por factores de corrección que reflejen las condiciones reales del aeródromo:

- Corrección por altitud:

Elevación Rufino: 113 m (snm)

Longitud corregida por altitud = $1085,09 * 0,07 * 113/300 + 1085,09 = 1113,70$ m

- Corrección por pendiente: No aplica (Pendiente de la pista: 0 %)
- Corrección por temperatura:

Temperatura a 113 m en la atmósfera tipo: 14,266 °C (según *Tabla 6.1*)

Temperatura de referencia del aeródromo: $Tr = T1 + \frac{T2-T1}{3} = 26^{\circ}\text{C}$

Donde:

- T1: temperatura promedio mensual de la media diaria del mes más caluroso: 24°C¹²
- T2: temperatura promedio máxima del mes más caluroso: 30°C¹¹

¹¹ Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

Tabla 3-1. Valores atmosféricos tipo

Altitud (m)	Temperatura (° Centígrados)	Presión (Kg/m ³)
0	15,00	1,23
500	11,75	1,17
1 000	8,50	1,11
1 500	5,25	1,06
2 000	2,00	1,01
2 500	-1,25	0,96
3 000	-4,50	0,91
3 500	-7,75	0,86
4 000	-10,98	0,82
4 500	-14,23	0,78
5 000	-17,47	0,74
5 500	-20,72	0,70
6 000	-23,96	0,66

Tabla 6.3.

Longitud corregida por temperatura: $1113,70 (1 + 0,01 \cdot (26 - 14,266)) = 1244,38 \text{ m}$

Finalmente, la Longitud Efectiva de la pista requerida para el Cessna Citation XLS es de **1244,38 m**, menor a los 1250 m con que cuenta la pista 09/27. Por lo tanto, se tiene la longitud necesaria para el despegue de la aeronave de diseño.

Respecto a los márgenes, la OACI, en el Manual de Diseño de Aeródromos parte 1, establece que se deben proporcionar márgenes de pista para asegurar una transición del pavimento de resistencia total a la franja de pista no pavimentada. Los márgenes pavimentados protegen el borde del pavimento de la pista, contribuyen a la prevención de erosión del suelo causada por el chorro de reactor y mitigan los daños de los reactores producidos por objetos extraños. A su vez establece que deberían proveerse márgenes en toda pista cuya letra de clave sea D o E, y de anchura inferior a 60 m.

Según el manual, los márgenes deberían extenderse simétricamente a ambos lados de la pista de forma que la anchura total de ésta y sus márgenes no sea inferior a 60 m para la letra de clave E y 75 m para la letra de clave F. Como no aclara el ancho para pistas de clave B, se proporcionan márgenes a cada lado de la pista de un ancho igual a esta (23 m).

En lo que respecta a los márgenes en las calles de rodaje, en el Manual de Diseño de Aeródromos parte 2, establece el ancho mínimo para cada clave. Para nuestro caso, con clave B, no se exigen márgenes. Se adopta por seguridad un ancho de los mismos de 5 m a cada lado de las calles.

6.2. Definición de características geométricas

6.2.1. Funciones de las pendientes transversal y longitudinal

Las pendientes longitudinal y transversal están limitadas en función de la **clave de referencia aeroportuario** del aeródromo ya que también debemos asegurar que las aeronaves puedan operar. Sus valores oscilan entre el 0% y el 2%.

La pendiente transversal es la principal responsable de la evacuación del agua de escorrentía superficial en el pavimento, ya que es capaz de evacuar a los laterales de la pista en donde se dispondrán elementos de drenaje, y hacer así que permanezca el agua sobre la superficie el menor tiempo posible. En cambio, con la pendiente longitudinal se conoce hacia dónde se va a dirigir el agua.

Por lo general, tenemos dos posibles configuraciones para la realización de la pendiente transversal. El primer caso (*Figura 6.4*), es que se tenga una superficie convexa, en donde el punto más alto de la superficie se encuentre en el eje longitudinal de la misma (suponiendo que estamos estudiando la pista, el punto más alto debería estar en el eje central longitudinal), y que vaya descendiendo a lo largo del ancho de la pista en ambos sentidos, encontrándose el punto más bajo de la pista en sus bordes, y de manera simétrica.

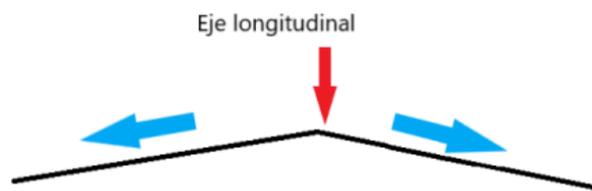


Figura 6.3 - Pendiente transversal con superficie convexa y simétrica.

El segundo caso (*Figura 6.5*) es que la OACI nos permite que, para las pistas, si hay un viento que sea predominante en un sentido, esta se puede hacer en lugar de convexa, con una única pendiente transversal, que vaya desde un borde de la pista hacia el otro borde de la pista, en donde el sentido descendente de la pendiente coincida con el sentido de la dirección del viento que tenga mayor frecuencia, es decir, que sea el más dominante. Esto se puede hacer si garantizamos con ello que el drenaje es más eficiente de esta forma, que si tuviéramos una superficie convexa.

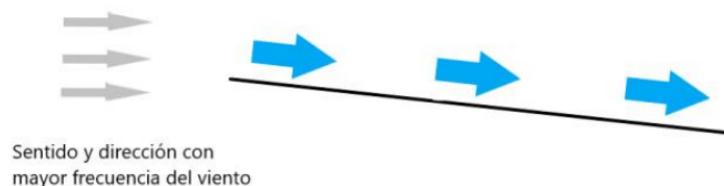


Figura 6.4 - Pendiente transversal única descendente con el sentido dominante del viento.

El conocimiento de las pendientes que posee la pista nos sirve de gran ayuda a la hora de llevar a cabo el diseño de los elementos de un sistema de drenaje y de su disposición en el espacio, ya que, conociendo la dirección y sentido de las pendientes de las superficies del área de maniobras, podemos identificar hacia dónde se va a dirigir el agua, y así disponer los elementos de forma adecuada.

6.2.2. Pendiente Transversal

La pendiente transversal no deberá ser mayor de:

- 1,5% cuando la letra de clave sea C, D, E o F;
- 2% cuando la letra de clave sea A o B; o se trate de aeródromos de uso agroaéreo.

Ni ser inferior al 1%, salvo en las intersecciones de pistas o de calles de rodaje en que se requieran pendientes más aplanadas.

Por lo tanto, por tratarse de un aeródromo donde se llevan a cabo actividades agroaéreas y además la letra de clave es B, la pendiente transversal se adopta del 1.5%.

Para las calles de rodaje las pendientes transversales máximas son idénticas a las indicadas para las pistas.

Se adopta una pendiente transversal del 1.5% similar a las pistas.

6.2.3. Pendiente Longitudinal

La pendiente longitudinal, obtenida al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista, por la longitud de ésta, no deberá exceder del:

- 1% cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
- 2% cuando el número de clave sea 1 ó 2, o se trate de aeródromos de uso agroaéreo.

Por lo tanto, se adopta una pendiente máxima de 1%.

Para las calles de rodaje se establecen pendientes máximas longitudinales en función de la clave de referencia:

- 1,5% cuando la letra de clave sea C, D, E o F;
- 3% cuando la letra de clave sea A o B;

Por lo tanto, se adopta una pendiente máxima de 3%.

6.3. Necesidad de apartaderos de espera y de otras calles de desviación

Los apartaderos de espera y otras calles de desviación (calles de rodaje dobles, entradas dobles) ofrecen la oportunidad de modificar el orden de salidas una vez que las aeronaves han abandonado la plataforma (para facilitar el mayor número de salidas con la mínima demora media). La OACI, en la parte 2 del Manual de Diseño de Aeródromos, establece que por lo general cuando la actividad es reducida (menos de 50.000 operaciones anuales aproximadamente) las salidas se despacharán en el orden en que las aeronaves estén listas para el despegue.

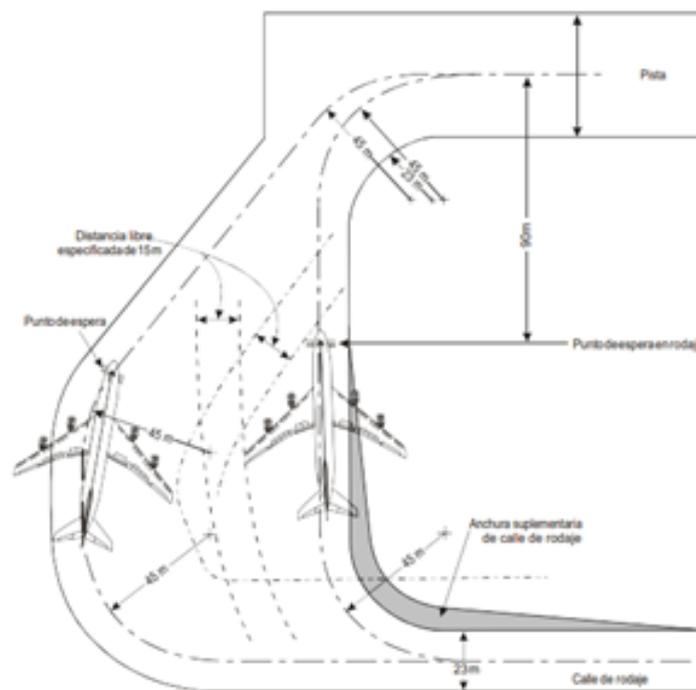


Figura 6.5. - Apartadero de espera.

Dada la baja actividad en el aeródromo en estudio no se requieren de dichos espacios.

A su vez, se exige proporcionar plataformas de viraje en las pistas de los aeropuertos que no disponen de un sistema de calles de rodaje para facilitar el despeje rápido de la pista a las aeronaves que aterrizan. Una plataforma de viraje en la pista se define como una superficie definida en el terreno de un aeródromo adyacente a una pista con la finalidad de completar un viraje de 180° sobre una pista no provista de calle de rodaje.

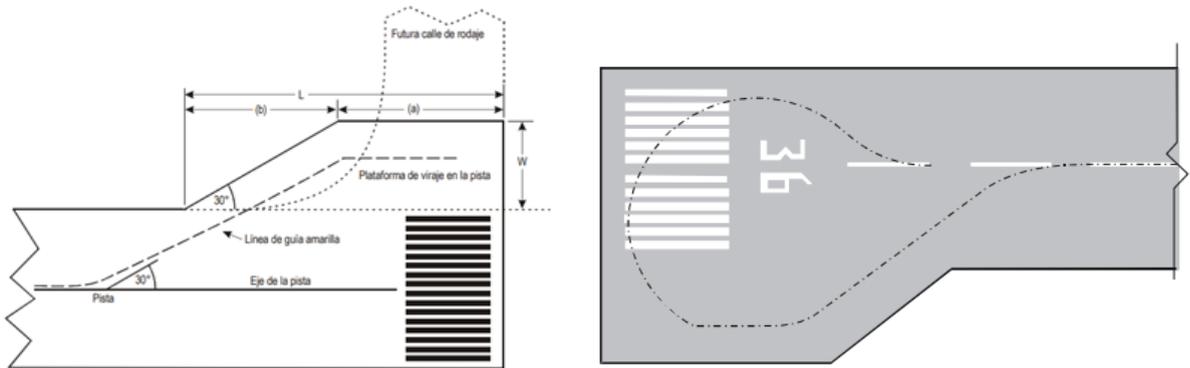


Figura 6.6. Plataforma de viraje.

Tampoco sería exigido en el caso del aeródromo de Rufino la incorporación de plataformas de viraje.

Se observan algunos ejemplos de otros aeródromos, de Venado Tuerto y Laboulaye, cuya actividad es similar.

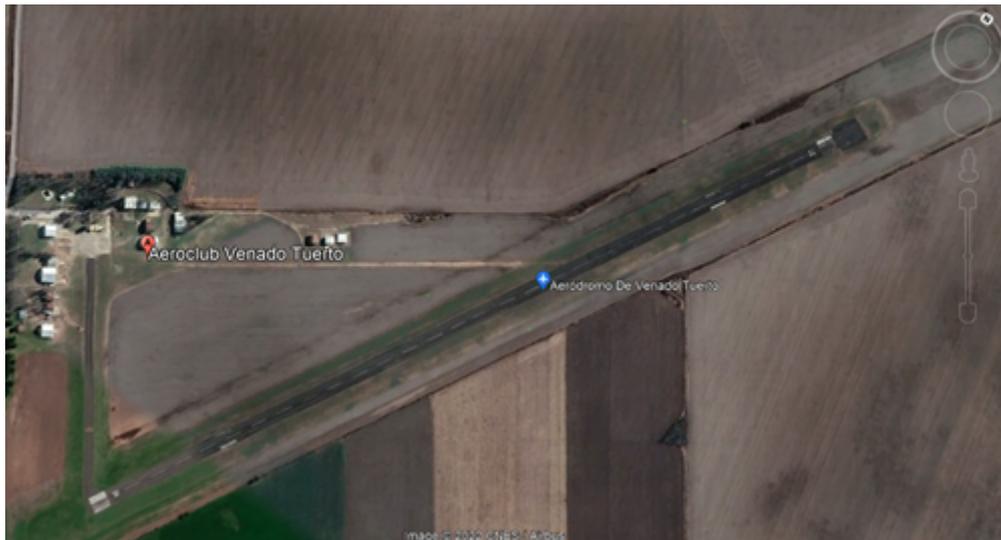


Figura 6.7. Aeródromo de Venado Tuerto.



Figura 6.8. Cabecera de la pista 04-22 Aeródromo de Venado Tuerto.

En el aeródromo se cuenta con una única calle de rodaje en la cabecera 04, sin embargo en la cabecera 22 no presenta una plataforma de viraje. Tampoco presenta apartaderos de espera.

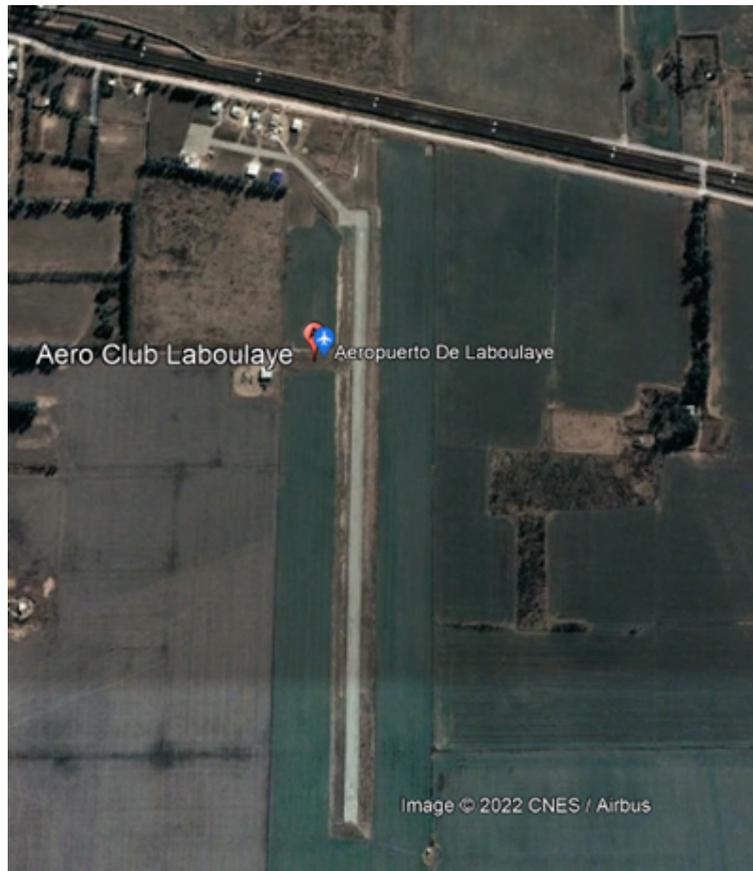


Figura 6.9. Aeródromo de Laboulaye.



Figura 6.10. Cabeceras de la pista 18-36 del Aeródromo de Laboulaye.

Se observa la misma situación, en la cabecera 36 no hay una plataforma de viraje que permita a las aeronaves realizar un viraje a 180°. Por otro lado, en la cabecera 18 se cuenta con espacio disponible que podría pensarse como apartadero de espera.

Si bien la OACI no lo exige, se agregan apartaderos de espera para permitir que una aeronave pueda apartarse en el caso de que otra quiera aterrizar simultáneamente.

6.4. Diseño estructural de las pistas del aeródromo

En esta instancia se llevará a cabo el diseño estructural de las pistas del aeródromo. Como fue mencionado en ítems anteriores, actualmente el aeródromo posee dos pistas de tierra, que como indica el Madhel (Manual de Aeródromos y Helipuertos):

ANAC | AVIACIÓN CIVIL ARGENTINA

RUFINO - (RUF) - RACE - PÚBLICO NO CONTROLADO
3416585 0624003W - 5 KM al ESE de la ciudad de RUFINO (Pcia. de SANTA FE) - ELEV 114 M 374 FT

Pistas:
01/19 850x40 M - Tierra.
09/27 1210x45 M - Tierra.

Figura 6.11. Datos relativos a las pistas del Aeroclub de Rufino (ANAC).

Se tomó la decisión de pavimentarlas, por distintos motivos. Por un lado, es una mejor solución frente a la actual situación de pistas de tierra. Esto permitiría que el club pueda utilizar las pistas durante todo el año sin tener problemas de anegamiento de las mismas, lo que además se ve traducido en un gran beneficio para la escuela que tampoco vería interrumpida su actividad.

Por otro lado, el mantenimiento se reduce significativamente. Mantener una pista de tierra implica periódicamente cortar el pasto (que se hace con un tractor, y si la pista está húmeda se puede deformar), tapar las cuevas que suelen hacer los animales que se encuentran en la zona (mulitas o armadillos) que pueden representar un gran peligro para los trenes de aterrizaje de las aeronaves. Esto último es un problema que se presenta de manera muy recurrente. Cabe destacar también, en referencia a los cortes de pasto, que es una tarea importante ya que influye sobre la carrera de despegue de las aeronaves. Al tener pistas pavimentadas, este problema también se simplifica e incluso la carrera de despegue es menor.

Además el problema del escurrimiento del agua se ve mucho más simplificado al pavimentar las pistas y dotarlas de adecuados sistemas de drenaje.

6.4.1. Tipos de pavimento

Si tomamos el Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 3: Pavimentos, de la OACI, esta nos dice que el pavimento es “una estructura compuesta por la combinación de una capa de subbase (cimiento), base (firme) y revestimiento, colocado sobre el terreno que tiene la función de soportar las cargas y distribuir las sobre el terreno”. Los dos principales pavimentos que tenemos presente en los aeropuertos son: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
Está constituido por una losa de hormigón que se apoya en una capa de subbase de grava, y esta a su vez sobre una de suelo	Es aquel que está constituido por una capa de asfalto, construida sobre una capa de base y otra de subbase.
Tiene un mayor coste de obra inicial, pero la vida útil que tiene es mayor	Tiene menor coste inicial a priori, aunque últimamente se acerca al precio del pavimento rígido debido al encarecimiento de los materiales. La vida útil que presenta es menor
Presenta menores deformaciones, y menor fricción en la superficie del firme, con lo que además se tiene que el coste del mantenimiento es menor.	Existe mayor fricción con la superficie de rodadura, presenta mayores deformaciones, y el coste de mantenimiento es mayor.
La capa de rodadura no es continua, y presenta espacios entre las losas de hormigón, denominada juntas	La superficie es completamente continua
Hace falta que el terreno sea adecuado para poder implantar las losas de hormigón	Tiene la ventaja de poder adaptarse a cualquier tipo de terreno

Tabla 6.4. Tipos de pavimentos Aeroportuarios.

Pavimento rígido

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el flexible y se diseña para una vida útil de 20 años y el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa comúnmente en las juntas de las losas.

Caso de un pavimento rígido: La composición típica de un pavimento rígido la constituyen las losas de hormigón, la base y la subrasante. Las losas de un pavimento de hormigón cumplen un doble rol, el de capa de rodamiento y el de capa estructural. En ciertos casos a la capa que se encuentra inmediatamente debajo de las losas, se la denomina subbase, asumiendo que la losa cubre el rol de capa de rodamiento y base. No obstante, esta denominación tiende a desaparecer, señalando a tal capa como base.

Subrasante

Es la capa de suelo que se encuentra inmediatamente debajo de la estructura del pavimento, la cual se prepara durante la construcción para soportar las cargas transmitidas por el mismo. Esta capa está formada por el cuerpo de terraplén que es la capa sub-rasante.

Para preparar esta capa de suelo, se debe llevar a cabo un despalme que consiste en extraer la vegetación, nivelando y creando las pendientes planificadas mediante operaciones de corte o relleno y compactando el suelo a la densidad con el porcentaje necesario.

Sub-Base

Formada por lo general con material pétreo de granulometría variable de inferior calidad y costo. De la misma manera que los materiales de la capa de base en el caso de los pavimentos flexibles, estos materiales pueden haber sido tratados con agentes estabilizantes, y su finalidad es la de distribuir las cargas sobre el terreno.

Losa (Capa de rodamiento)

Conformada por una mezcla de agregados pétreos y cementantes, esta capa debe ser capaz de resistir las cargas, el desgaste y los efectos del rodamiento provocados por las aeronaves así como por el intemperismo.

Resulta de vital importancia en este tipo de pavimento el diseño y ejecución de juntas.

Las juntas suelen denominarse longitudinales o transversales, según el sentido en que estén dirigidas dentro de la pista, calles de rodaje y plataformas de estacionamiento.

En los pavimentos rígidos, las juntas pueden distinguirse entre cuatro grupos principales, según la forma en que se desempeñen:

- Las juntas de contracción controlan el previsible agrietado durante el fraguado, producido por la disminución de la humedad en el material, por descenso de la temperatura u otras causas del concreto.
- Las juntas de expansión proporcionan espacio suficiente para la expansión térmica y elástica de las losas sin destruirse. Algunas de ellas permiten asimismo la transferencia de las cargas.
- Las juntas de construcción corresponden a las interrupciones de las operaciones de colado y por el proceso constructivo mediante franjas, debiendo garantizar la continuidad estructural. Estas juntas son inevitables, por tratarse de una estructura construida en partes.
- Las juntas de alabeo o juntas articuladas tienen por misión evitar los agrietamientos a lo largo del eje central de los pavimentos o en las líneas de unión de las diferentes hileras de losas que se producirían al elevarse sus bordes cuando la losa es cargada.

Pavimento flexible

Se designa así a los pavimentos compuestos por una capa de rodamiento o carpeta asfáltica, es decir, una mezcla de agregado grueso o fino (grava y arena) con material bituminoso (concreto asfáltico) obtenido del petróleo.

Esta mezcla es compacta, pero lo suficientemente plástica, para absorber deformaciones y soportar un elevado volumen de tránsito aéreo pesado.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial pero se diseña para una vida útil de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.

Caso de un pavimento flexible: La composición típica de un pavimento flexible la constituyen las capas de rodamiento, base, sub base y subrasante.

Los pavimentos flexibles están constituidos por diferentes capas, las cuales se mencionan a continuación:

Subrasante

Es la capa de suelo que se encuentra inmediatamente debajo de la estructura del pavimento, que se prepara durante la construcción para soportar las cargas transmitidas por el mismo. Esta capa está formada por el cuerpo de terraplén que es la capa sub-rasante; su función es la de resistir los esfuerzos transmitidos por las capas superiores y distribuirlos de manera uniforme y adecuada sobre el terreno natural.

En algunos casos, estas capas inferiores actúan como auxiliares en el drenaje de las aguas del subsuelo y en la prevención de los efectos destructivos de las heladas, que pueden llegar a agrietar fácilmente las estructuras.

La resistencia del terreno de desplante, es un elemento importante que debe tenerse en cuenta para la evaluación o el diseño de un pavimento y depende mucho de la humedad del terreno, que debe evaluarse para el estado que se prevé lograr in situ.

Sub-Base

Formada por lo general con material pétreo de granulometría variable de inferior calidad y costo. De la misma manera que los de la capa de base, estos materiales pueden haber sido tratados con agentes estabilizantes, y su finalidad es la de distribuir las cargas sobre el terreno.

Base

Es la capa de mayor estabilidad y densidad; su función principal es la de soportar las cargas generadas en la capa de rodamiento y distribuirlas convenientemente a las capas siguientes, para evitar posibles deformaciones o desplazamientos.

La capa de base, situada inmediatamente debajo de la de rodamiento, se construye normalmente con material pétreo de granulometría variable (grava y arena) que pueden ser previamente tratados con diversos agentes estabilizantes, como asfalto, cal o cemento.

Carpeta Asfáltica (Capa de rodamiento)

La capa superior de un pavimento flexible es la llamada de rodamiento, que será sometida a los máximos esfuerzos y las más extremas condiciones operacionales. Esta capa deberá resistir los efectos de las cargas aplicadas sobre ella, distribuyéndolas a las capas inferiores.

Asimismo, deberá soportar el deterioro causado por el medio ambiente y el tránsito aéreo proporcionando siempre una superficie firme, resistente al deslizamiento y estable, y permanecer libre de agentes contaminantes tales como agua, polvo, hielo, entre otros.

6.4.2. Selección del tipo de pavimento

Se opta por diseñar las pistas con pavimento flexible.

La razón de la elección se basa en comparar el aeródromo en estudio con otro de similares características como Laboulaye, que a su vez se encuentra bajo la misma aerovía que Rufino, que recordamos, es la W09.

Según datos del Madhel (Manual de Aeródromos y Helipuertos), Laboulaye posee su pista de asfalto.



AVIACIÓN CIVIL
ARGENTINA



LABOULAYE - (LYE / SAOL) - RACE - PÚBLICO NO CONTROLADO

3408075 0632144W - 2,7 KM al E de la ciudad de LABOULAYE (Pcia. de CÓRDOBA) - ELEV 137 M 449 FT - ILE

Pistas:
18/36 1200x23 M - ASPH – AUW 7t/1 10t/2.

Calles de rodaje:
"Bravo", ubicada en la progresiva de 336 M de THR 18, 139x10,50 M - Tierra - Vincula RWY 18/36 con hangar privado, ubicado al W de la misma. Uso exclusivo en condiciones diurnas.

Figura 6.12. Datos relativos al Aeroclub de Laboulaye (ANAC).

Por lo tanto, se decide adoptar un pavimento flexible ya que el aeródromo de Laboulaye tiene actividades muy similares a las que se realizan en Rufino, que no justifican la realización de un pavimento de hormigón, con los costos que el mismo trae aparejado.

6.4.3. Estimación del CBR de diseño

Uno de los parámetros necesarios para la definición de la estructura del pavimento es el CBR de la subrasante. El C.B.R (California Bearing Ratio) o su adaptación al español "VSR" (Valor Soporte Relativo) es un valor que permite apreciar la resistencia de los materiales no ligados. Este valor permite conocer la calidad del suelo de la subrasante u otros materiales para ser usados como base y subbase.

El diseño para aeronaves con pesos inferiores a 13.600 kg está enfocado a operaciones de vuelo no comerciales, como actividades agrícolas, de instrucción, o recreativas. El aeródromo de Rufino se enmarca en esta categoría, ya que la mayoría de las operaciones son de aeronaves del aeroclub y privadas y el volumen de tránsito y la magnitud de las aeronaves es bajo.

En rigor, el valor soporte relativo de un suelo es la resistencia que ofrece al punzonado una probeta del mismo, moldeada bajo ciertas condiciones de densificación y humedad, y ensayada bajo condiciones preestablecidas. Se la expresa como porcentaje respecto de la resistencia de un suelo tipo tomado como patrón. Como no se cuenta con resultados de ensayos CBR, se obtiene el mismo a través de la relación con los resultados del ensayo SPT brindados en el estudio de suelos.

Dicho CBR lo estimaremos mediante una correlación experimental, en base al tipo de suelo que constituirá la subrasante. Se pone aquí especial énfasis en resaltar que se trata de un CBR estimado en base a una correlación experimental, ya que aún no se ha realizado ningún ensayo CBR en laboratorio.

Un aspecto fundamental de este proceso es la determinación del material que constituirá la subrasante. Para esto se recurre al Perfil Geotécnico, mediante el cual se analiza, en cada pozo, cuál es el manto que aportará el material para la subrasante.

- Para suelos gruesos ó con wPI menor a 8:

$$\text{CBR} = 28,09 * (\text{D60})^{0,358}$$

Donde D60 es el la abertura de tamiz que deja pasar el 60% (mm).

Una vez determinado el CBR de cada muestra de suelo de la traza, se obtiene el espesor necesario de estructura para las pistas del aeródromo. Para esto, se hará uso del programa FAARFIELD, de la Federal Aviation Administration.

6.4.4. Diseño con FAARFIELD

FAARFIELD es un programa computacional de diseño de pavimento aeroportuario, elaborado por la Administración de Aviación Federal (FAA) para pavimento nuevo, o recarpeteo rígido y flexible.

Este programa entrega siete estructuras distintas de pavimento. Su pantalla de inicio se muestra en la figura siguiente:

El procedimiento de diseño utilizado en el programa puede ser resumido en cuatro etapas:

- Definir el tipo de estructura de pavimento de acuerdo al diseño requerido.
- Ingresar datos relativos a los materiales, combinación de tránsito, CBR de subrasante, y vida útil de diseño.
- “Diseñar Estructura” para que el programa itere hasta que el factor de daño acumulativo (CDF del inglés *Cumulative Damage Factor*) de la subrasante llegue a un valor de uno, o se encuentre un espesor mínimo en alguna capa.
- Revisar o ajustar el diseño entregado por el programa, ya que este asume, para el caso de pavimento flexible que la falla ocurrirá a nivel de subbase, por lo que se debe verificar la base de forma manual para que ésta pueda proteger la capa inferior de manera adecuada.

Utilización del software

Para comenzar, se debe seleccionar el tipo de estructura de pavimento, en este caso “New Flexible” ya que se trata de un pavimento flexible. Para este tipo de estructura, el espesor de la subbase es modificado para que el valor del CDF sea aproximadamente uno. Si la subbase queda bajo el mínimo, se fija en el mínimo y se continúa con la capa superior (en este caso la base). Si el valor de CDF es menor a uno para estas dos capas fijadas al espesor mínimo, el valor de CDF es mostrado y se detiene el diseño.

Para el programa FAARFIELD, en una estructura de pavimento flexible el espesor de la capa de base está definido para proteger a una subbase de un CBR igual a 20.

Tránsito de diseño - Stored Aircraft Mix

Para lograr la combinación de tránsito de diseño, el programa cuenta con un listado de aeronaves (una librería disponible), de las cuales se deben seleccionar las similares a las que utiliza el aeródromo. Además se debe ingresar la cantidad de vuelos anuales estimada, para que el software calcule el total de operaciones de 20 años de uso.

A continuación se listan las aeronaves consideradas para el dimensionamiento y su equivalente encontrado en el programa FAARFIELD:

Aeronave de diseño:

- Cessna Citation XL → Cessna Citation V



Figura 6.13. A la izquierda: Cessna Citation XL. A la derecha: Cessna Citation V.

Aeronaves del AeroClub:

- Aero Boero 150 → PA-28R-200 Cherokee Arrow



Figura 6.14. A la izquierda: Aero Boero 150. A la derecha: PA-28R-200 Cherokee Arrow.

- Blanik L-13

Para esta aeronave en particular no se seleccionó un equivalente, ya que el programa no ofrece ninguno que se adecúe a las características del Blanik L-13. Se considera que no contemplar la incidencia del Blanik

no moverá el amperímetro porque muy es liviano y las demás aeronaves, y principalmente la crítica, tienen una influencia mucho mayor en el pavimento que hará que no se esté del lado de la inseguridad al despreciar el efecto del planeador.



Figura 6.15. Blanik L-13.

- Cessna 150 → Cessna 172 Skyhawk



Figura 6.16. A la izquierda: Cessna 150. A la derecha: Cessna 172 Skyhawk.

Aeroaplicadores

- Cessna Ag Wagon → Cessna 182 Skylane



Figura 6.17. A la izquierda: Cessna Ag Wagon. A la derecha: Cessna 182 Skylane.

- Air Tractor 402 → Cessna 208B Grand Caravan



Figura 6.18. A la izquierda: Air Tractor 402. A la derecha: Cessna 208B Grand Caravan.

- Piper Pawnee 235 (se tienen dos iguales) → Beechcraft Bonanza F33A



Figura 6.19. A la izquierda: Piper Pawnee 235. A la derecha: Beechcraft Bonanza F33A.

- Piper Brave 300 HP → Cessna C210 Centurion



Figura 6.20. A la izquierda: Piper Brave 300 HP. A la derecha: Cessna C210 Centurion.

- Cessna Ag Husky → Cessna 182 Skylane



Figura 6.21. A la izquierda: Cessna Ag Husky. A la derecha: Cessna 182 Skylane.

Airplane Name	Gross Taxi Weight (kg)	Annual Departures	Annual Growth (%)	Total Departures
PA-28R-200 Cherokee Arrow	1001	208	0	4160
Cessna 172 Skyhawk	730	208	0	4160
Cessna Citation V	9136	2	0	40
Cessna 182 Skylane	1497	1700	0	34000
Cessna 208B Grand Caravan	4159	1700	0	34000
Beechcraft Bonanza F33A	1317	1700	0	34000
Beechcraft Bonanza F33A	1317	1700	0	34000
Cessna C210 Centurion	2000	1700	0	34000
Cessna 182 Skylane	1497	1700	0	34000
SWL-2	700	208	0	4160

Tabla 6.5. Tránsito de diseño cargado en FAARFIELD.

Salidas anuales

El diseño del pavimento del aeropuerto utilizando FAARFIELD solo considera las salidas e ignora el tránsito de llegada al determinar el número de aviones que pasan, ya que en la mayoría de los casos los aviones llegan a un aeropuerto con un peso significativamente más bajo que en el despegue debido al consumo de combustible. Durante la toma de contacto, la sustentación remanente de las alas y el contacto del tren de aterrizaje con el sistema de amortiguadores, alivia la mayor parte de la fuerza vertical dinámica que se transmite al pavimento a través de los trenes de aterrizaje.

Espesores

El programa limita los espesores de las capas según la siguiente tabla (Tabla 6.6):

Layer Type	FAA Specification Item	Maximum Airplane Gross Weight Operating on Pavement, lbs (kg)		
		<12,500 (5 670)	< 100,000 (45 360)	≥100,000 (45 360)
HMA Surface ^{1,2,3}	P-401, Hot Mix Asphalt (HMA) Pavements	3 in. (75 mm)	4 in. (100 mm)	4 in. (100 mm)
Stabilized Base	P-401 or P-403; P-304; P-306 ⁴	Not Required	Not Required	5 in. (125 mm)
Crushed Aggregate Base ^{5,6}	P-209, Crushed Aggregate Base Course	3 in. (75 mm)	6 in. (150 mm)	6 in. (150 mm)
Aggregate Base ^{3,7,8}	P-208, Aggregate Base Course	3 in. (75 mm)	Not Used ⁷	Not Used
Subbase ^{3,8}	P-154, Subbase Course	4 in. (100 mm)	4 in. (100 mm) (If required)	4 in. (100 mm) (if required)

Tabla 6.6. Límites de espesores de capas de pavimento según el peso bruto máximo del avión operando sobre el pavimento.

Especificaciones típicas para cada capa de pavimento

Capa de pavimento	Pavimento flexible	Pavimento rígido
Capa superficial	P-401/P-403 ²	P-501
Capa de base estabilizada	P-401/403 P-304 ³ P-306 ³	P-401/403 P-304 ³ P-306 ³
Capa de base	P-209 ⁴ P-208 ⁵ P-211	P-209 ⁴ P-208 ⁵ P-211
Capa de subbase	P-154 P-301 ⁶ P-219 ⁷	P-154 P-301 ⁶ P-219 ⁷
Subrasante	P-152 P-155 P-157 P-158	P-152 P-155 P-157 P-158

Tabla 6.7. Especificaciones de la F.A.A para cada capa de pavimento.

Capa superficial (capa de rodamiento)

Esta se ejecuta con el material P-401, presente en la librería del FAARFIELD. Se trata de una mezcla asfáltica densa en caliente de graduación continua, con agregado máximo de 25mm y especificación FAA, que se usa generalmente para construir capas de rodadura en vías de aeropuertos con tránsito medio y alto.

Se propone para esta el espesor mínimo de 75mm.

Base

Se propone una base tipo "P-209 Crushed Aggregate", brindada por el programa. Los agregados deben consistir en partículas limpias, sólidas y duraderas de piedra triturada y deben estar libres de capas de arcilla, limo y materia vegetal. Si es necesario, se puede incorporar agregado fino para producir la graduación correcta. El agregado fino se debe producir triturando piedra, grava o escoria que cumpla con los requisitos de desgaste y solidez especificados para el agregado grueso.

La porción de agregado grueso, definida como el material retenido en el tamiz N°4 (4,75 mm), deberá contener no más del 15%, en peso, de piezas planas o alargadas según se define en la norma ASTM D 693.

La fracción que pase por el tamiz N° 40 (0,42 mm) deberá tener un límite líquido no mayor al 25% y un índice de plasticidad no mayor a 4 cuando se ensaye de acuerdo con la norma ASTM D 4318.

Se propone un espesor inicial de la base de 100 mm. FAARFIELD primero calcula el espesor estructural de la base requerida para proteger una capa con un CBR de 20. Luego lo compara con el requisito del espesor de base mínimo aplicable e informa el mayor de los dos valores como el espesor de diseño de la base.

Subbase

La subbase está formada por material de menor calidad que la base, en cuanto a su resistencia y granulometría, aunque debe ser superior al material de la subrasante.

Según la circular de asesoramiento brindada por la FAA: "Se requiere una capa de subbase como parte de la estructura de pavimento flexible con un valor de CBR menor que 20. La capa de subbase estándar (P-154) proporciona la capacidad de soporte equivalente de una subrasante con un CBR de 20. Las subbases pueden ser granulares o de agregado tratado. El mínimo de la subbase es de 4 pulgadas (100 mm). [...] Los tipos de capa de Subbase admitidos incluyen: P-154, P-210, P-212, P-213 y P-301. La utilización de los Ítems P-213 o P-301 como capa de subbase no se recomienda en áreas donde existirá penetración de heladas en la subbase."

En otras palabras, cuando la subrasante posee muy baja resistencia, la subbase sirve de plataforma para la construcción de la base. Cuando la subrasante posee cualidades suficientes (CBR > 20%) esta capa se puede obviar. Como este no es el caso, siendo el valor del CBR de 10, es necesaria la ejecución de una subbase.

Se adopta una subbase del material P-154, presente en la librería de FAARFIELD.

Se plantea un espesor inicial de la subbase de 100 mm.

6.4.5. Resultados obtenidos

Luego de haber ingresado los datos de las aeronaves, sus pesos y salidas anuales en el programa, se procede a ejecutarlo.

Al terminar el diseño, se puede observar la contribución de cada aeronave al CDF, el programa itera hasta encontrar una base que sea capaz de hacer que el factor llegue al valor de 1, solo una vez alcanzado los 20 años de la vida útil del pavimento, logrando la optimización del diseño de la pista. Esto no sucede en nuestro caso debido a que las aeronaves no tienen un gran porte, obteniéndose un CDF por debajo de 1. En este caso entonces la falla del pavimento no vendría dada por la carga de las aeronaves sino por requerimientos constructivos.

El programa nos permite visualizar un gráfico del CDF que origina cada una de las aeronaves consideradas (ver *Figura 6.27*). En el eje horizontal se muestra la distancia, donde el valor cero representa el eje de la pista. En este caso se puede observar que el mayor daño se encuentra a una distancia de aproximadamente 2,5 m a cada lado del eje, en correspondencia con los puntos de contacto de las ruedas de las aeronaves.

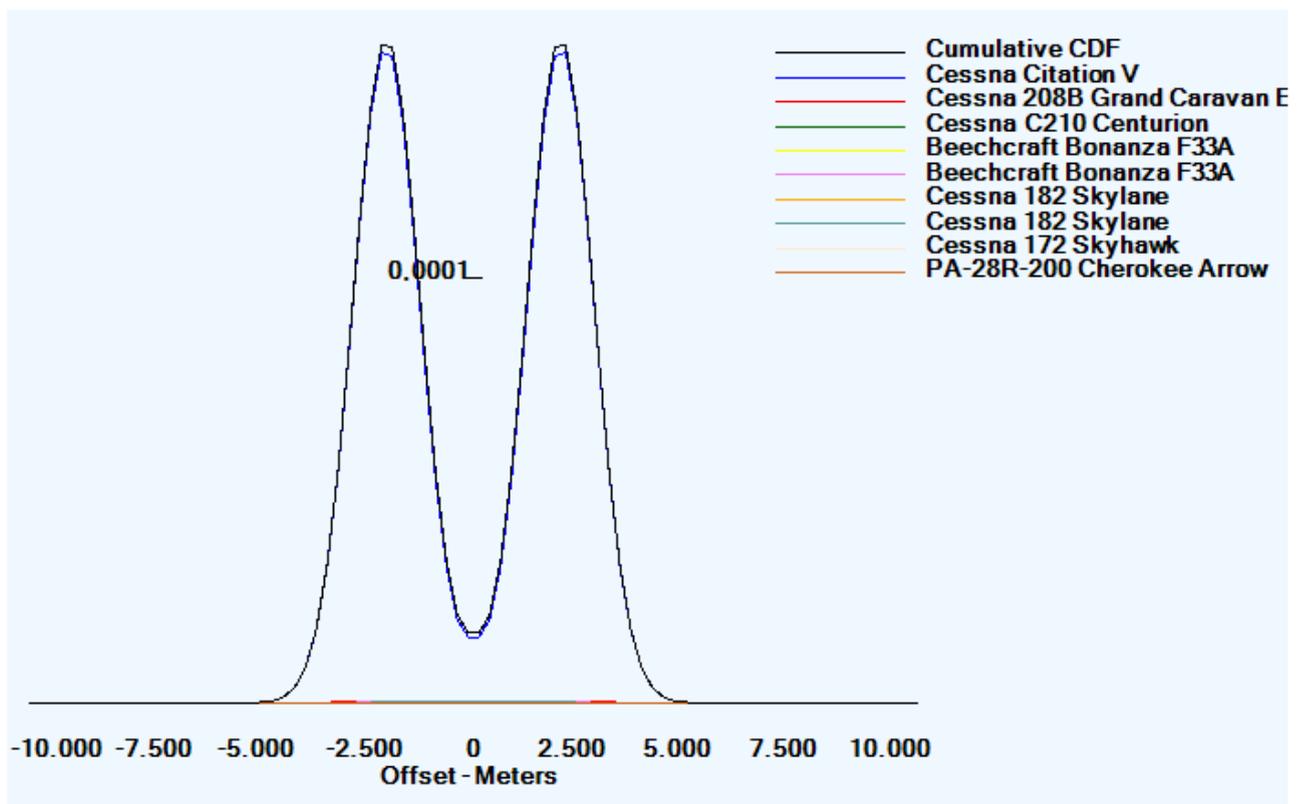


Figura 6.26. Gráfico CDF para las distintas aeronaves.

En la *Figura 6.27* se puede observar una representación gráfica del perfil estructural del pavimento obtenido luego de las iteraciones que realiza el programa a partir de la propuesta inicial detallada previamente.

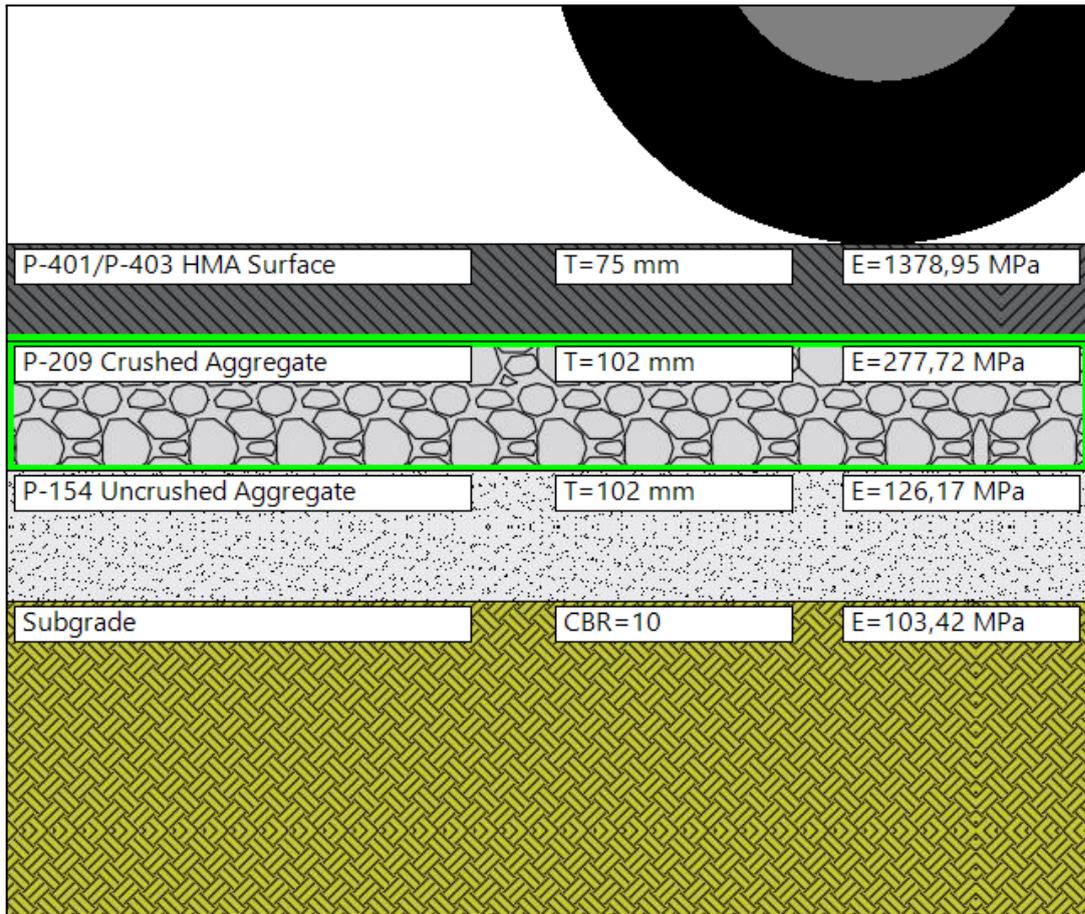


Figura 6.27. Representación gráfica del perfil estructural del pavimento flexible.

Se observan los siguientes espesores resultantes:

- Capa de rodaje: 75 mm
- Base: 102 mm → redondeando se adopta 100 mm
- Subbase: 102 mm → redondeando se adopta 100 mm

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R MPa
1	P-401/P-403 HMA Surface	75,0	1379	0.35	0
2	P-209 Crushed Aggregate	101,6	278	0.35	0
3	P-154 Uncrushed Aggregate	101,6	126	0.35	0
4	Subgrade	0	103	0.35	0

Tabla 6.8. Espesores resultantes para cada una de las capas componentes del paquete estructural del pavimento.

En el **Plano 04** dentro del **Anexo 7** se puede observar el perfil tipo de pavimento para ambas pistas.

6.4.6. Diseño de la plataforma

Como adicional a la pavimentación de las pistas y calles de rodaje, también se plantea la pavimentación de la plataforma del aeroclub destinada a dar cabida a las aeronaves para embarque y desembarque de

pasajeros, abastecimiento de combustible estacionamiento y mantenimiento. Para ella, a diferencia de las pistas, se proyecta pavimento rígido, ya que el asfalto es susceptible a degradarse frente a los combustibles utilizados por las aeronaves y además permite que los combustibles o líquidos inflamables vertidos se desplacen por su interior facilitando la propagación del fuego en caso de incendio. Los pavimentos rígidos en cambio no son afectados por el derramamiento de combustibles, que habitualmente se presenta en estos elementos.

La ubicación en planta de dicha plataforma y sus dimensiones se pueden observar en el **Plano 02** del **Anexo 7**.

Diseño con FAARFIELD

Para el dimensionamiento de este tipo de pavimento también se utiliza el software FAARFIELD pero para el tránsito de diseño se consideran sólo las aeronaves del aeroclub, la de diseño y se adiciona un camión cisterna, considerando que este último puede utilizar la plataforma para abastecer a las aeronaves.

Airplane Name	Gross Taxi Weight (kg)	Annual Departures	Annual Growth (%)	Total Departures
PA-28R-200 Cherokee Arrow	1001	208	0	4160
Cessna 172 Skyhawk	730	208	0	4160
Cessna Citation V	9136	2	0	40
Truck Axle Dual-Tandem	33100	50	0	1000

Tabla 6.9. Tránsito de diseño cargado en FAARFIELD.

Para pavimentos rígidos el software requiere que se ingrese el módulo de reacción K de la subrasante. Éste se obtiene a partir de la relación con el CBR, como puede verse en la gráfica a continuación:



Figura 6.28. Relación CBR y Módulo de reacción K.

Ingresando con el CBR de 10%, se obtiene $K = 5 \text{ kg/cm}^3 = 50 \text{ MN/m}^3$.

Se propone ejecutar originalmente la losa de hormigón P-501 PCC Surface de 15 cm sobre una capa de hormigón pobre P-306 Lean Concrete de 10 cm. Estos valores se ajustan mediante la utilización del software.

Resultados obtenidos

Se obtiene que los espesores propuestos cumplen con amplio margen los requisitos de resistencia estructural del pavimento. El programa optimiza los espesores a 12,5cm de losa de hormigón y 10cm de contrapiso. Esto arroja un $CDF=0,06$.

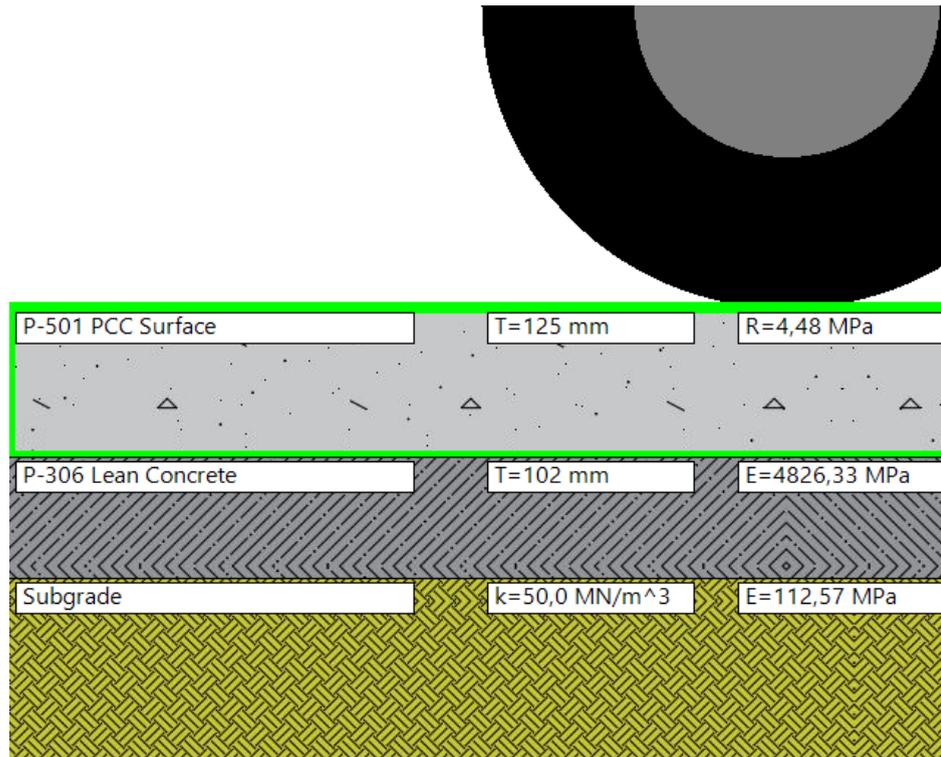


Figura 6.29. Representación gráfica del perfil estructural del pavimento rígido.

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R MPa
1	P-501 PCC Surface	125,0	27579	0.15	4,5
2	P-306 Lean Concrete	101,6	4826	0.2	0
3	Subgrade	0	113	0.4	0

Tabla 6.10. Espesores resultantes para cada una de las capas componentes del paquete estructural del pavimento.

Pese a que el programa permite ejecutar la losa de hormigón de 12,5 cm, se decide por razones constructivas que el espesor de la misma sea de 15 cm como se propuso inicialmente.

Diseño de juntas

El diseño de un pavimento rígido no se agota en la definición del espesor de las losas. Para lograr un concepto más amplio e imprescindible en el diseño de pavimentos rígidos el mismo debe incluir el diseño de juntas.

La formación de juntas tiene la misión de canalizar y controlar la fisuración de retracción de fragüe y las debidas a los alabeos higrotérmicos. Para ello es necesario que el tipo, separación, geometría y ejecución de las juntas, respondan a ciertas pautas para evitar que se produzcan fisuras erráticas. El control se realiza debilitando deliberadamente una sección del hormigón mediante aserrado.

El diseño y construcción de juntas del pavimento rígido provee:

- Control de las fisuras transversales y longitudinales derivadas de la limitación a la contracción de las losas y los efectos combinados de las restricciones a los alabeos higrotérmicos y las cargas del tránsito.
- Dividen el pavimento en incrementos constructivos, (ejemplo carriles o trochas)
- Permitir los movimientos de losas.
- Proveer transferencia de cargas entre losas.
- Proveer un reservorio para el sellado de la junta.

Las juntas utilizadas en la plataforma diseñada son las siguientes:

Juntas Transversales de Dilatación o Expansión

El objeto de las juntas de expansión es proveer espacio para la dilatación de las losas sin que ingresen materiales incompresibles dentro de las mismas. Son esenciales en intersecciones asimétricas para aislar los bordes de la calzada del empuje lateral no compensado.

Según el ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino), las juntas de dilatación suelen ejecutarse para permitir movimientos diferenciales entre dos zonas pavimentadas o contra una estructura fija.

Antiguamente, era práctica habitual ubicar este tipo de juntas a intervalos regulares (cada 50 – 100 metros) con el objetivo de evitar la generación de levantamientos de losas localizados (o blow ups). Sin embargo, esta práctica hacía que las juntas transversales adyacentes a una junta de dilatación presentaran mayores movimientos, provocando daños en los sellos y afectando el mecanismo de transferencia de cargas por trabazón de agregados. Actualmente esta práctica se ha discontinuado, dado que distintos estudios han determinado que las juntas de control experimentan una contracción inicial, que suministra el espacio suficiente para permitir el libre movimiento de las losas de hormigón frente a cambios de humedad y temperatura.

Solamente sería necesario considerar el empleo de juntas de dilatación a intervalos regulares si se verifica alguna de las siguientes situaciones particulares:

- Si durante la construcción del pavimento, la temperatura ambiente es inferior de 4°C.
- Si el coeficiente de expansión térmica del agregado es muy elevado.
- Si se trata de un pavimento reforzado con juntas, con una separación de juntas mayor de 18 metros.

La plataforma a diseñar no se encuentra encuadrada en ninguna de estas situaciones, por lo cual las juntas de dilatación a intervalos regulares no son necesarias.

Las buenas prácticas indican que solamente se recurrirá al empleo de juntas de dilatación en los siguientes casos: intersecciones; en curvas de pequeño radio, al principio y fin de curva; cambios abruptos en la pendiente vertical; y contra estructuras fijas (alcantarillas, puentes, etc.).

En este caso las juntas de dilatación se encuentran presentes sólo en las losas tabique contra calzadas sin pavimentar y contra calzadas de pavimento asfáltico. Estas son similares al esquema que se presenta en la siguiente figura (Figura 6.28).

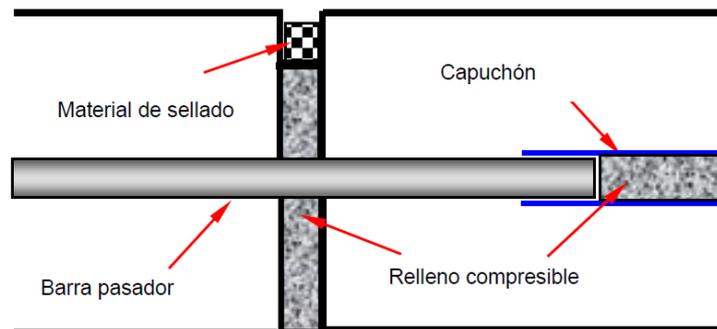


Figura 6.30. Juntas transversales de dilatación o expansión.

El ancho de estas juntas es de 25 mm.

El espacio de dilatación se rellena con un material compresible y elástico que no permita la inclusión de materiales incompresibles. Se ubica desde unos 25 mm de la superficie de las losas hasta la base. El material de relleno debe permitir comprimirse elásticamente al menos un 50 %, no debe ser contraíble, extruible, absorbente y degradable.

Los pasadores tienen un capuchón en uno de los extremos de cada pasador, de modo de permitir el movimiento de expansión de las losas y se comprima la junta. Estos se ejecutan de 5 cm de longitud, y se encuentran provistos de un relleno compresible que impida que éste se deslice durante el hormigonado y se anule, dando un espacio de dilatación igual al de la junta más 15 mm. Además este se encuentra lubricado para prevenir la adherencia con el pasador.

Juntas transversales de contracción

Las juntas transversales son perpendiculares al eje de la calzada, o con un esviaje en sentido antihorario de 1:6 respecto al mismo. Su espaciamiento no debe ser superior a 4,60 m o veinticuatro veces el espesor de las losas, la que resulte menor.

Puede requerirse la disposición de barras pasadores para transferir cargas, o bien transferirlas de una losa a la otra a través de la trabazón intergranular de la parte fisurada en el caso de pavimentos de bajos volúmenes de tránsito pesado (menor de 50 - 90 camiones por día). La trabazón entre agregados es la

interacción de corte entre las caras de la fisura que se desarrolla por debajo del aserrado primario y que permite transferir parte de la carga a la losa adyacente.

Considerando que la plataforma se encuadra dentro de este último caso, se podrían ejecutar juntas transversales de contracción sin pasadores. Sin embargo, las juntas transversales de contracción ubicadas a menos de 30 m de una junta de expansión, deben llevar pasadores. Si estas juntas no lo tienen, la presencia de la junta de expansión hace que se debilite la transferencia intergranular de cargas en períodos fríos en los que las losas se contraen térmicamente.

Se diseñan entonces juntas transversales de contracción con pasadores, con un esquema similar al que se muestra en la *Figura 6.31*, separadas entre sí una distancia de 3,71 m de una profundidad de 4 cm.

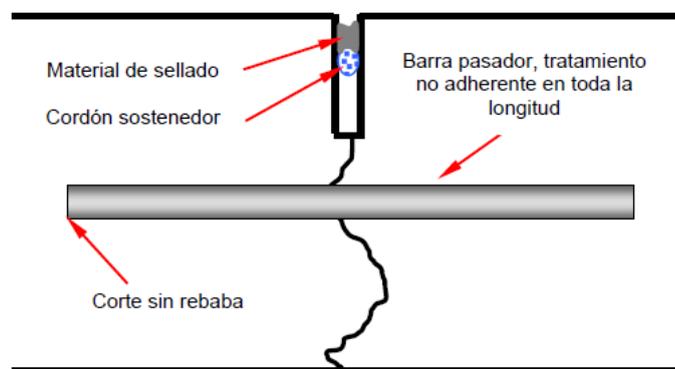


Figura 6.31. Juntas transversales de contracción.

Juntas Longitudinales de contracción o Longitudinales de Articulación

Son similares a las transversales de contracción, solo que se ejecutan en el sentido longitudinal de la calzada. Permiten aliviar las tensiones generadas por los alabeos higrotérmico de las losas. Deben ejecutarse toda vez que el ancho del pavimento exceda los 4,50 m. El plano de debilidad debe ser algo mayor que en las transversales de contracción, usualmente alcanzan un tercio del espesor. La transferencia de cargas en las juntas longitudinales se consigue mediante la trabazón intergranular.

En la plataforma en estudio se ejecutan las juntas longitudinales con una profundidad de 5 cm y separación de 3,7 m entre sí (sin pasadores).

Juntas Longitudinales de Construcción o Junta Longitudinal Ensamblada

Vinculan las fajas de hormigonado que se construyen en forma diferida. La transferencia de cargas se logra mediante la ejecución de machimbres y la inclusión de barras de unión para mantener unida la junta.

El machimbre se realiza en forma trapezoidal como lo indica la *Figura 6.32*. La altura del machimbre debe ser de un 20 % del espesor de la losa y la profundidad del 10 %.

En cuanto a las previsiones del sellado, se requiere un ancho de recintos mayor a 10 mm.

Se considera que el hormigonado de la plataforma se realizará en fajas de 6 m de ancho, por lo cual se ejecutan 4 juntas de este tipo.

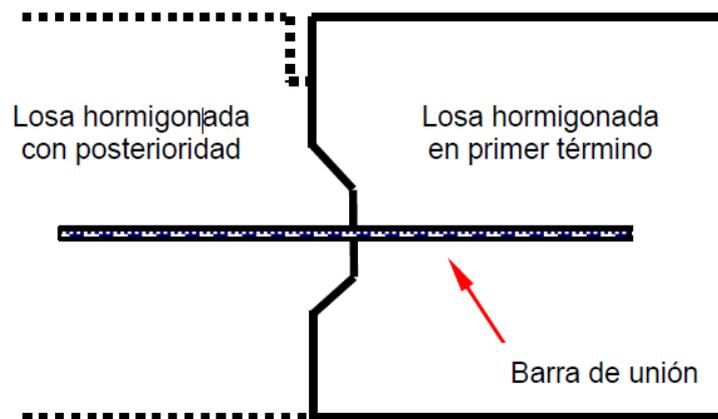


Figura 6.32. Juntas longitudinales de construcción.

El diseño de juntas de la plataforma puede observarse en el **Plano 08** dentro del **Anexo 7**.

Drenaje

Se considera que en esta plataforma no se realizan tareas mecánicas de mantenimiento, por lo cual no se utilizarán líquidos de limpieza, descongelantes, etc. y no se necesita de un sistema de tratamiento del agua. Por otro lado, ante el derrame de sustancias como combustible de aviación, no sería necesario el empleo de separadores de hidrocarburos ya que por el reducido tamaño de las aeronaves estos se evaporarán antes de poder llegar al desagüe.

En conclusión, se le da a la plataforma una pendiente del 1 ‰ hacia el Este, desaguando directamente en la cuneta.

7. MEJORAMIENTO DEL ACCESO Y CAMINOS INTERNOS

7.1. Mejoramiento del acceso

Como parte del proyecto integral, se realizan mejoras sobre el ingreso al aeródromo por RN 7. Dicho trabajo consiste en proyectar un acceso con radios acordes para la circulación segura, acompañado de una pavimentación del mismo con mezcla asfáltica con los correspondientes cordones protectores ubicados en el cambio de materialidad (pavimento flexible - tierra).

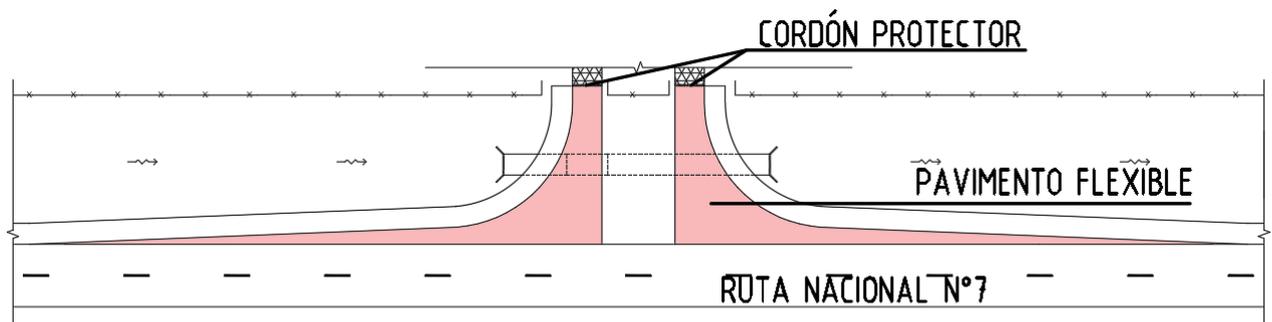


Figura 7.1. Esquema mejoramiento del acceso.

Lo mencionado anteriormente puede verse con mayor detalle en el **Plano 08** dentro del **Anexo 7**.

Para la estructura de pavimento del acceso se adopta un período de diseño de 15 años, usual para pavimentos flexibles.

Se verifica si la estructura planteada para las pistas soporta el tránsito a circular sobre el acceso.

La misma se compone de:

- Capa de rodamiento asfáltica : 0,08 m
- Base: 0,10 m
- Subbase: 0,10 m

Se utilizan los datos de módulo de elasticidad de las distintas capas con las que se diseñó la estructura de las pistas con el programa FAARFIELD que se observan en la *Figura 6.23*.

Para la verificación se aplica el método AASHTO 93.

Se calcula el número estructural SN que representa la capacidad estructural de un pavimento:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + \dots + a_i \times m_i \times D_i$$

Donde:

- a_i : coeficientes de capa. (pulg^{-1} o cm^{-1})
- m_i : coeficientes de drenaje de las capas no asfálticas.
- D_i : espesores de capa. (pulg. o cm)

Se obtienen los coeficientes de cada capa en función de su módulo de elasticidad o CBR.

Para la capa ligada se tiene $E=1379 \text{ MPa}= 200007 \text{ psi}$.

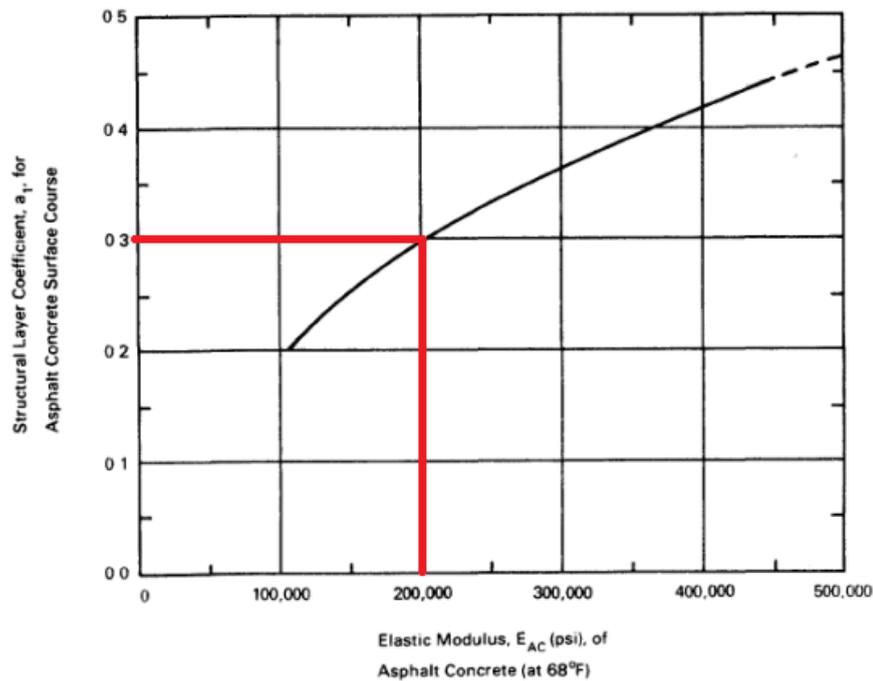


Figura 7.2. Coeficiente para la capa de rodamiento

$$a_1 = 0,3 \text{ (1/"} = 0,118 \text{ (1/cm)}$$

Para la base se tiene $E=278 \text{ MPa}= 40320,5 \text{ psi}$.

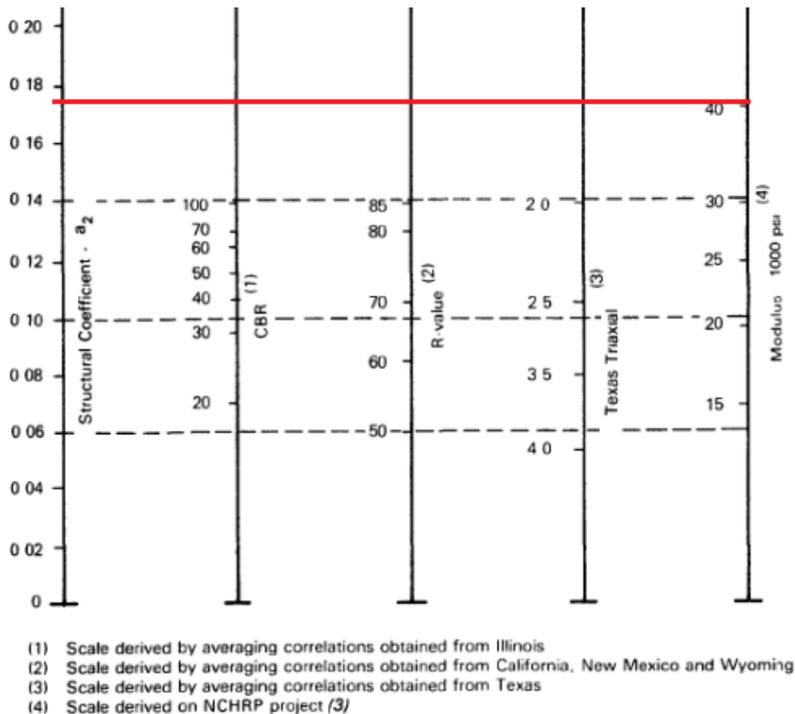


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

Figura 7.3. Coeficiente para la base

$$a_2 = 0,175 (1'') = 0,069 (1/cm)$$

Para la subbase se tiene $E=126 \text{ MPa}= 18274,8 \text{ psi}$

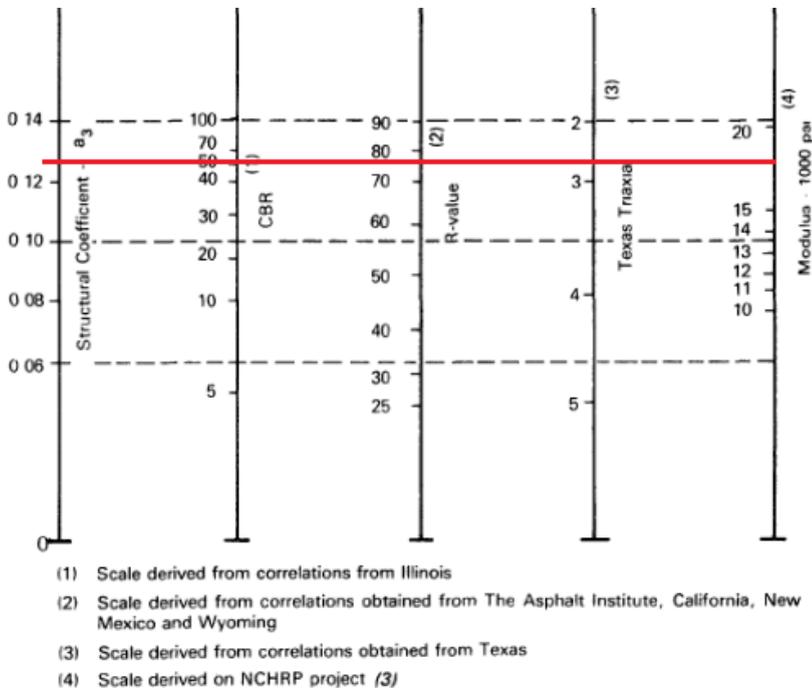


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Figura 7.4. Coeficiente para la subbase

$$a_3 = 0,127 (1'') = 0,05 (1/\text{cm})$$

Luego, se obtiene:

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

$$SN = 0,118/\text{cm} \times 7,5 \text{ cm} + 0,069/\text{cm} \times 1 \times 10 \text{ cm} + 0,05/\text{cm} \times 1 \times 10 \text{ cm} = 2,075$$

Se adopta un coeficiente de drenaje igual a 1 en todos los casos del lado de la seguridad

Para calcular el Número N admisible (ESAL'sW18 admisible) se utilizó el programa brindado por la página de camineros (www.camineros.com).

Los parámetros de entrada son:

- Módulo Resiliente de la subrasante: MR [psi] = 1.500 CBR= 1500 x 10,4=15600 psi
- Confiabilidad: R = 80%
- Desviación General Estándar: So = 0,40
- PSIo = 4,20
- PSIf = 2
- ΔPSI = 2,2
- SN = 2,07

El desvío estándar tiene en cuenta la variabilidad en el comportamiento del pavimento y en la estimación del tránsito para el período de diseño. Como el tránsito de por sí no va a ser elevado se adopta un valor bajo, mínimo para flexibles igual a 0,40.

La confiabilidad es la probabilidad de que el paquete estructural del pavimento cumpla su función durante su vida útil, es decir finalice la misma con el PSI planteado. Se adopta del 80% por tratarse de un acceso a una ruta en zona rural, según lo recomendado por AASHTO.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	CONFIABILIDAD, R [%]	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
AUTOPISTA – RUTA INTERESTATAL	85 – 99,9	80 – 99,9
ARTERIA PRINCIPAL	80 – 99	75 – 99
COLECTORA	80 – 95	75 – 95
LOCAL	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Tabla 7.1. Confiabilidad según importancia del camino. AASHTO.

PSI es el índice de serviciabilidad. Se adopta el valor inicial de 4,2 recomendado por AASHTO y un valor final de 2 debido al bajo tránsito.

SERVICIABILIDAD INICIAL (P_0)		SERVICIABILIDAD FINAL (P_t)	
PAVIMENTOS FLEXIBLES	$P_0 = 4,2$	CAMINOS MUY IMPORTANTES	$P_t = 2,5$ o más
PAVIMENTOS RÍGIDOS	$P_0 = 4,5$	CAMINOS DE MENOR TRÁNSITO	$P_t = 2,0$

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Tabla 7.2. Valores de serviciabilidad. AASHTO.

Se resuelve la ecuación y se obtiene un valor de N admisible igual a $W18 = 4,54 \times 10^5$.

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93" with the following fields and values:

- Tipo de Pavimento:** Pavimento flexible, Pavimento rígido
- Confianabilidad (R) y Desviación estándar (So):** 80 % $Z_r = -0.841$, $S_o = 0.4$
- Serviciabilidad inicial y final:** PSI inicial = 4.2, PSI final = 2
- Módulo resiliente de la subrasante:** $M_r = 15600$ psi
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): []
 - Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): []
 - Coefficiente de transmisión de carga - (J): []
 - Coefficiente de drenaje - (Cd): []
- Tipo de Análisis:** Calcular SN, Calcular W18
- SN =** 2.07
- Ejes de 18 kips:** **W18 =** 4.54E+05
- Observaciones:** []
- Buttons: "Calcular" and "Salir"

Figura 7.5. Valor N de diseño.

Para verificar la estructura del pavimento se compara el valor de W18 con el N necesario, es decir el número acumulado de reiteraciones del eje estándar equivalente en efecto destructivo al espectro real de cargas, en un carril, a lo largo del período de diseño. Como no es la ruta lo que estamos diseñando sino el acceso (que tiene un tránsito muy bajo) se realizan una serie de simplificaciones en la ecuación para el cálculo de N:

$$N(8,16) = TMDA \times F_d \times F_c \times F_a \times F_p \times (\% \text{ vehículo } i \times C_e(8,16) \text{ i})$$

Para el TMDA se considera un valor máximo de 200 vehículos por día en el caso de que se realice algún evento o festival en el aeródromo.

Se adoptan los factores de direccionalidad (F_d), de carril (F_c) iguales a 1.

Para el factor de acumulación del tránsito (F_p) se adopta un valor de tasa anual acumulativa de evolución del tránsito igual al 0% ya que no se trata de una ruta transitable sino de un acceso, por ende resulta $F_p = 15$ (Período de diseño).

$$\text{Donde: } Fp = \sum_{i=0}^{i=T-1} (1 + r)^i$$

El factor Fa para extender el valor “diario” (TMDA) a un determinado número de días es igual a 365.

TIPO DE VEHÍCULO	CONFIG de EJES	% Veh	Coef. Ef. Destr. Eje 8,16 Tn	% veh * Ce
AUTOS	S1-S1	90	0,044	0,0396
CAMIONETAS	S1-S1			
CAMIONES s/ ACOPLADO	S1-D1	10	2,64	0,264
			Ct	0,3036

Tabla 7.3. Cálculo Ct.

Parámetro	Valor
TMDA (veh/día)	200
Fd	1
Fc	1
Fa	365
Fp	15,000
Ct	0,3036
N	3,32E+05

Tabla 7.4. Cálculo N necesario.

Finalmente: $N_{adm} = 4,54 \times 10^5 > N_{nec} = 4,25 \times 10^5$

Por ende la estructura verifica, no se realiza ningún cambio y se utiliza para el acceso la misma estructura de pavimento de las pistas.

7.2. Mejoramiento de caminos internos

Otra de las propuestas dentro del proyecto es el mejoramiento de los caminos internos del Aeroclub. Ver *Figura 7.6*.

Se presentan alternativas de tratamiento superficial:

- Tratamientos bituminosos: con agregados pétreos en una, dos o tres capas separadas con ligantes.
- Microaglomerado asfáltico en frío: mezcla homogénea de agregados pétreos de trituración, filler, agua y emulsión asfáltica modificada con polímeros y un aditivo de corte.
- Imprimación: riego de emulsión asfáltica
- Sellado: riego de emulsión seguido de una extensión de árido fino
- Aplicación de ligantes/estabilizantes hidráulicos (aprobados y normalizados)
- Mejoramiento del suelo con cal, reduciendo la plasticidad e incrementando la trabajabilidad del suelo.

Se desconoce el perfil estructural actual de dichos caminos, para mejoramiento de su comportamiento frente a lluvias se adopta como solución la aplicación de un estabilizante hidráulico. Los mismos se mezclan con el suelo del lugar, sin necesidad de incorporar agregados pétreos. Se obtiene una superficie resistente a las lluvias y la erosión del viento, que requiere de poco mantenimiento.

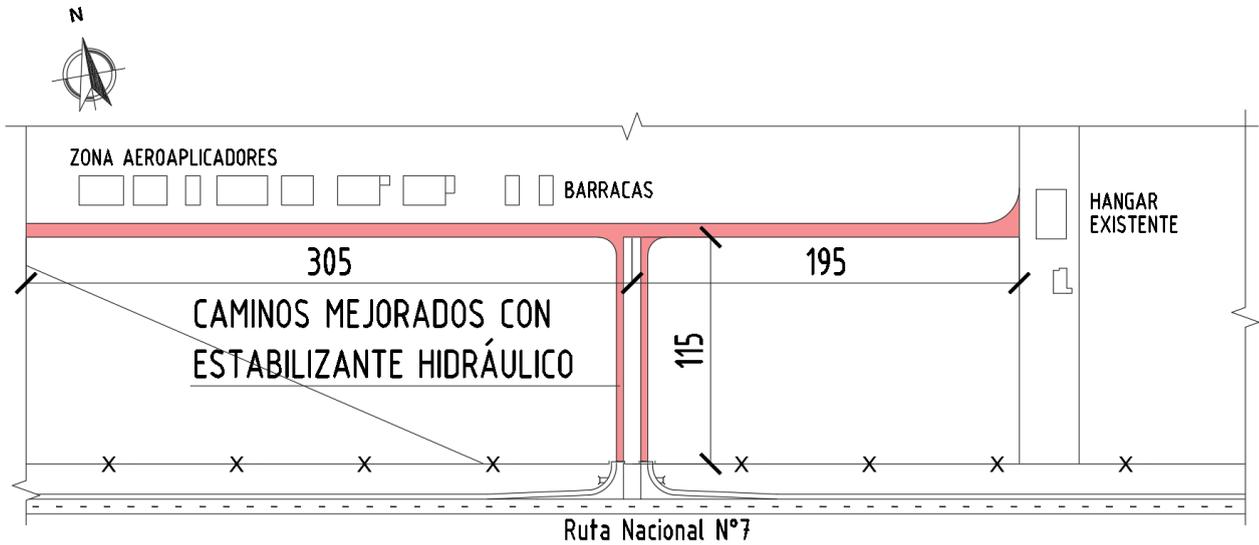


Figura 7.6. Caminos internos mejorados con estabilizante hidráulico.

8. AYUDAS VISUALES A LA NAVEGACIÓN

La señalización aeronáutica está compuesta de marcas de pintura y dispositivos eléctricos instalados en la superficie de un aeródromo con el fin de transmitir información necesaria para operar aeronaves. Se divide en señales horizontales y luminosas. Constituyen una guía para mantener la Seguridad Operacional, y su importancia se basa en que las operaciones aeronáuticas de mayor riesgo son el Decolaje y el Aterrizaje.

Se plantea materializar esta señalización siguiendo las pautas de la parte 154 de las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC). Las mismas se encuentran descriptas en el **Anexo 4**.

La misma puede observarse en el **Plano 09** del **Anexo 7**.

9. DISEÑO DE ESPACIOS PARA ADMINISTRACIÓN Y USOS MÚLTIPLES

9.1. Introducción

Uno de los objetivos en el presente proyecto es fomentar el desarrollo de actividades recreativas y eventos en el predio del aeroclub. Para ello es necesario brindar instalaciones que permitan desarrollar acontecimientos que sean foco de atracción de gran cantidad de gente, lo que trae aparejado un crecimiento económico y social para los clubes.

El club cuenta con dos barracas de 7 x 15 m separadas entre sí una distancia de 10 m (ver ubicación en el **Plano 10A** del **Anexo 7**) Estas presentan estructura metálica y terminaciones de chapa. Como la estructura se encuentra en muy buenas condiciones se decide utilizar ambas barracas e incluirlas en un diseño integral que incluye espacios para administración, depósito, bar, salón de usos múltiples y sanitarios.

Para ello, se propone construir en el espacio entre las barracas un núcleo donde se ubiquen los servicios: baños (tanto para el uso administrativo como para clientes del bar, visitantes y alumnos de la escuela de vuelo) y cocina, la cual serviría como cocina del bar cuando éste se encuentre en funcionamiento pero también podría ser utilizada por los administrativos y por los asistentes al Aeroclub en eventos.

A su vez, se crea en el espacio entre este núcleo y ambas barracas una zona al aire libre con mesas como extensión del bar y para esparcimiento reparada del viento.

La representación gráfica de lo expresado puede verse en el **Plano 10A** del **Anexo 7**.



Figura 9.1. Estado actual de las barracas.



Figura 9.2. Estado actual de las barracas.



Figura 9.3. Estado actual de las barracas.

9.2. Materialidad

En cuanto a las barracas existentes, para brindarles las aislaciones adecuadas para su ocupación se decide utilizar celulosa proyectada. La celulosa proyectada es un aislante a base de fibras de celulosa, que se obtiene a partir del reciclado de papel de diario. Es tratado por un proceso industrial donde se limpia, tritura y se agregan propiedades físicas interesantes a partir de la mezcla con ácido bórico. Este material es ignífugo y muy buen aislante acústico y térmico (presenta una conductividad de alrededor de 0,039 W/mK y además, al ser la celulosa aplicada por rociado directo, logra una cobertura del 100% de los espacios llenando las grietas, costuras y cavidades, formando un revestimiento monolítico sobre el substrato que ayuda a reducir la infiltración de aire, los llamados “Puentes Térmicos”.

La celulosa se proyecta entre los perfiles estructurales de la cubierta y los muros existentes, formando una capa de un espesor de aproximadamente 16 cm. Sobre esta se coloca, como terminación para las paredes una placa de roca de yeso de 12,5 mm de espesor. Para las cubiertas se efectúa un cielorraso suspendido de yeso. Bajo estas condiciones, se dota a las instalaciones de una aislación térmica más que adecuada, la cual se enmarca dentro de los valores permitidos por la Ordenanza N° 8757/2011: “Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética en las Construcciones”, de la Municipalidad de Rosario.

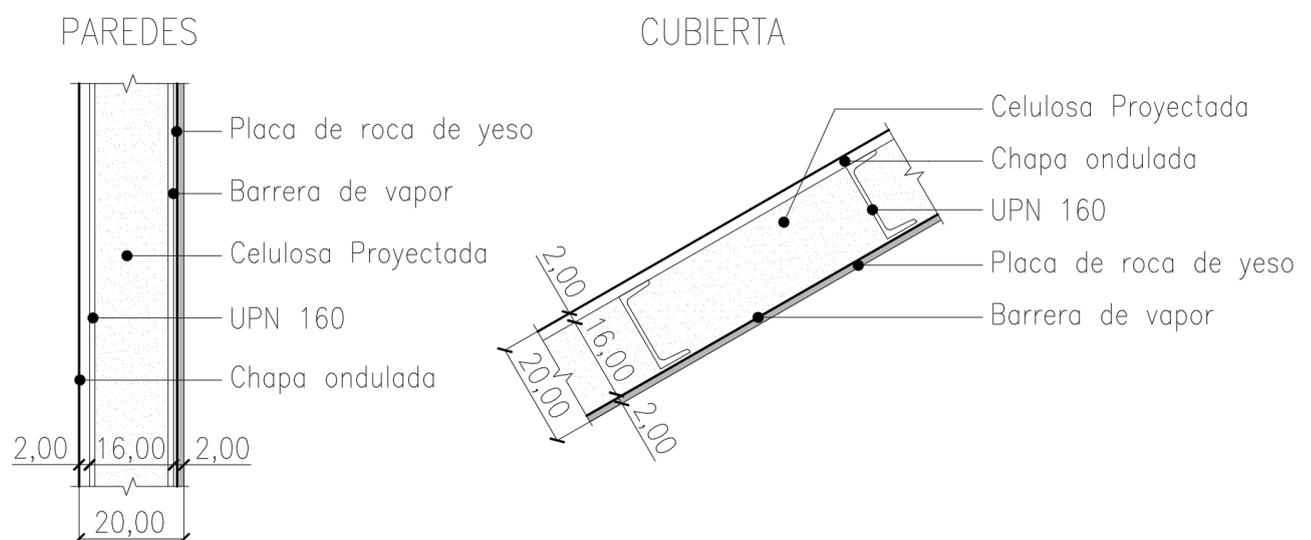


Figura 9.4. Detalles paredes y cubiertas barracas.

PLANILLA 2: Verificación de Transmitancia Térmica para cerramientos opacos de cada solución constructiva.			
Paredes Exteriores			
Descripción:	Espesor e [m]	Conductividad λ [W/ m K]	Resistencia R [m ² K/ W]
Resistencia Superficial Exterior			0,040
Metales - Zinc	0,020	110,000	0,000
Aislantes térmicos - Lana mineral de 51 a 70 kg/m ³ (WILLICH, ASTS O SIMILAR)	0,160	0,040	4,000
Tableros o paneles - De roca de yeso de 800 kg/m ³	0,013	0,370	0,034
Resistencia Superficial Interior			0,130
Resistencia Térmica Total			4,204
Transmitancia térmica K [W/m ² K]			0,24

Figura 9.5. Cálculo de la transmitancia térmica para las paredes.

PLANILLA 5: Verificación de Transmitancia Térmica para cerramientos opacos de cada solución constructiva.			
Pisos			
Descripción:	Espesor e [m]	Conductividad λ [W/ m K]	Resistencia R [m ² K/ W]
Resistencia Superficial Exterior			0,040
Metales - Zinc	0,050	110,000	0,000
Aislantes térmicos -Filtro de Lana de vidrio de 15 a 18 kg/m ³ (ROLAC- ISOVER O SIMILAR)	0,150	0,040	3,750
Tableros o paneles - De roca de yeso de 800 kg/m ³	0,013	0,370	0,034
Resistencia Superficial Interior			0,170
Resistencia Térmica Total			3,995
Transmitancia térmica K [W/m ² K]			0,25

Figura 9.6. Cálculo de la transmitancia térmica para la cubierta de las barracas.

Por otro lado se tiene el núcleo entre las barracas, el cual se va a materializar con muros de espesor de 25 centímetros de mampostería de ladrillo visto por fuera y enlucido de yeso o cerámicos en el interior. Se presenta a continuación la planilla de verificación de transmitancia térmica.

PLANILLA 2: Verificación de Transmitancia Térmica para cerramientos opacos de cada solución constructiva.			
Paredes Exteriores			
Descripción:	Espesor e [m]	Conductividad λ [W/ m K]	Resistencia R [m ² K / W]
Resistencia Superficial Exterior			0,040
Ladrillos - Macizos comunes de 1800 kg/m ³	0,120	0,910	0,132
Aislantes térmicos - Plancha Poliestireno expandido de 20 kg/m ³ (ISOPOR, ASTS O SIMILAR)	0,030	0,035	0,857
Ladrillos - Bloques Ceramicos huecos - 8 x 18 x 33	0,080		0,230
Morteros - De cemento , cal y arena	0,015	0,930	0,016
Morteros - De yeso	0,005	0,570	0,009
Resistencia Superficial Interior			0,130
Resistencia Térmica Total			1,414
Transmitancia térmica K [W/m² K]			0,71

Figura 9.7. Cálculo de la transmitancia térmica para las paredes del baño y cocina.

En cuanto a la cubierta de este núcleo incorporado entre las barracas, se adopta una cubierta liviana inclinada a un agua, materializada con perfiles metálicos. La chapa se fijará a las correas constituidas por perfiles conformados en frío (PCF), que a su vez se disponen sobre vigas metálicas que descargan sobre columnas metálicas.

Para estos dos nuevos ambientes (baños del lado izquierdo y cocina del lado derecho), los mismos contarán con un cielorraso suspendido sobre el cual se encontrarán los elementos aislantes suficientes para cumplir con los valores mínimos de transmitancia térmica que establece la ordenanza 8757.

PLANILLA 5: Verificación de Transmitancia Térmica para cerramientos opacos de cada solución constructiva.			
Pisos			
Descripción:	Espesor e [m]	Conductividad λ [W/ m K]	Resistencia R [m ² K / W]
Resistencia Superficial Exterior			0,040
Metales - Acero	0,001	58,000	0,000
Aislantes térmicos -Filtro de Lana de vidrio de 15 a 18 kg/m ³ (ROLAC- ISOVER O SIMILAR)	0,080	0,040	2,000
Tableros o paneles - De roca de yeso de 800 kg/m ³	0,013	0,370	0,034
Resistencia Superficial Interior			0,170
Resistencia Térmica Total			2,244
Transmitancia térmica K [W/m² K]			0,45

Figura 9.8. Cálculo de la transmitancia térmica para la cubierta del baño y cocina.

9.3. Cálculo estructural

A continuación se presenta el diseño y separaciones adoptadas para el cálculo de los diferentes elementos estructurales a considerar:

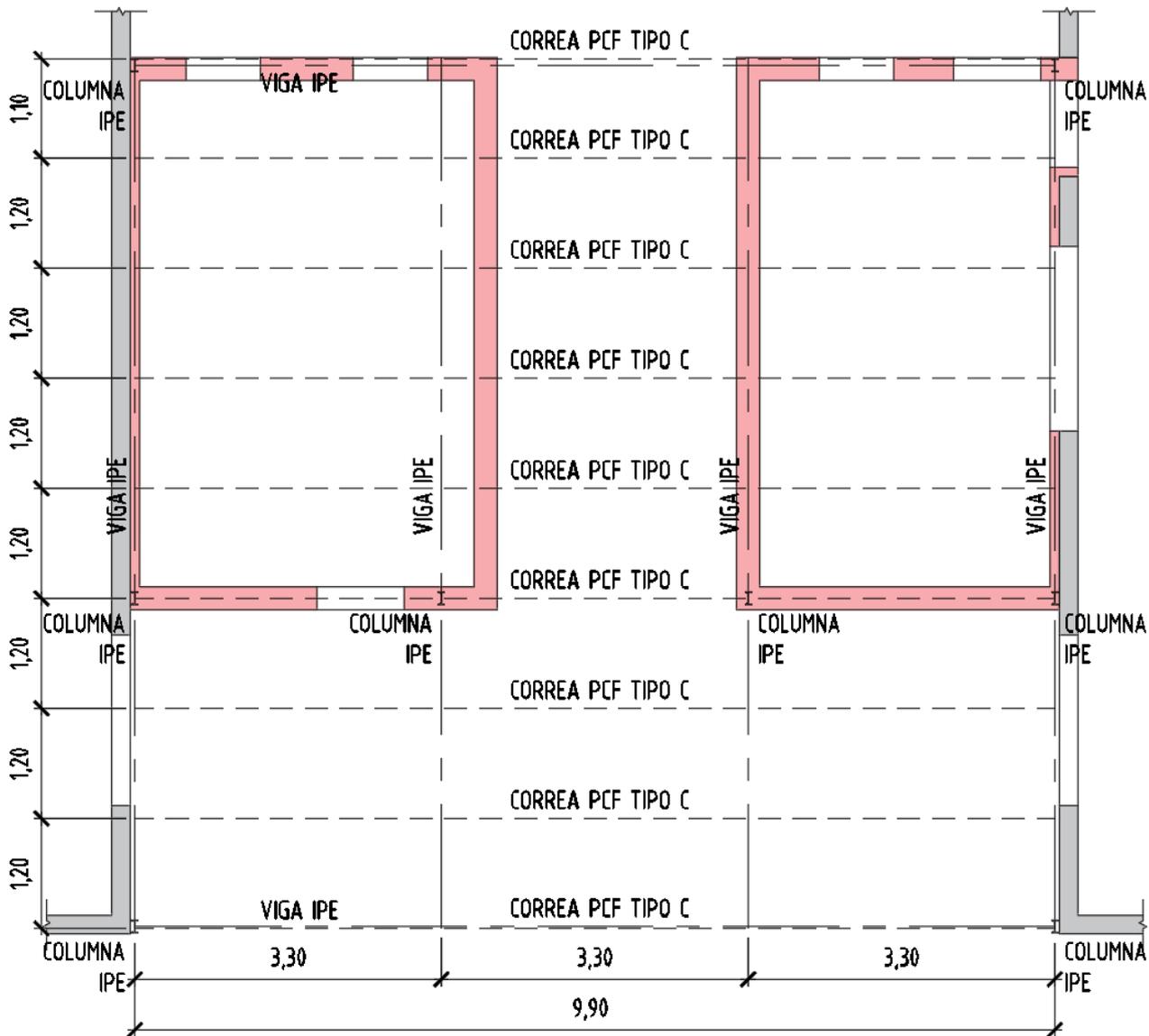


Figura 9.9. Elementos estructurales de la cubierta del sector entre barracas y sus separaciones. Vista en planta.

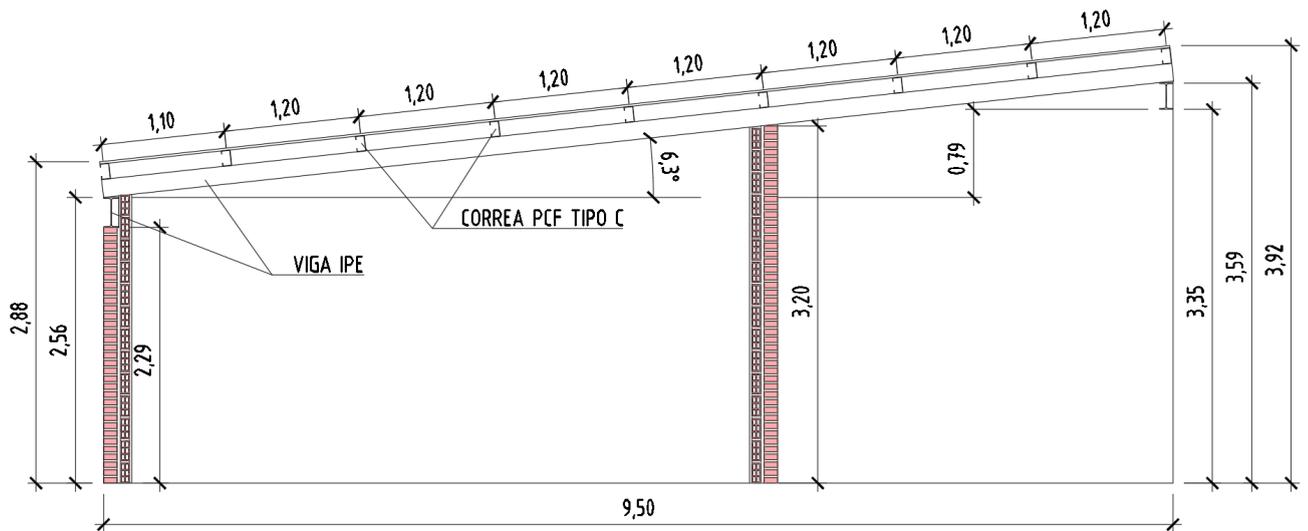


Figura 9.10. Elementos estructurales de la cubierta del sector entre barracas y sus separaciones. Vista en corte.

Como puede observarse en las Figuras 9.9. y 9.10., se parte de las siguientes consideraciones geométricas:

- Altura máxima: 4 m
- Luz máxima de las correas: 3,30 m y 2,96 m
- Separación entre correas: 1,20 m
- Luz total de las vigas: 9,50 m
- Ángulo de la cubierta: $6,30^\circ$ ($\approx 11\%$)

9.3.1. Cargas

Para el cálculo estructural se consideran los estados de carga en servicio y últimos obtenidos de las combinaciones de sobrecarga, viento y peso propio de los elementos estructurales y de cerramiento.

Se tiene las siguientes cargas nominales:

- Sobrecarga de la cubierta (L_r): $0,96 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de viento (W): Se tiene una presión de diseño $q_h = 1,13 \text{ kN/m}^2$.
 - Componentes y revestimientos: presión de $0,87 \text{ kN/m}^2$ y succión de $-2,85 \text{ kN/m}^2$
 - Sistema Principal resistente a la fuerza de viento: para la cubierta en estudio resultan tanto para viento paralelo y perpendicular a la cumbrera un valor máximo de succión de $-1,48 \text{ kN/m}^2$ (considerando presión interna) y un valor de presión máximo $0,14 \text{ kN/m}^2$ (considerando succión interna).

- Peso Propio (D):
 - Chapa acanalada: 0,0696 kN/m²
 - Correas: 0,0846 kN/m
 - Vigas V01: 0,157 kN/m
 - Vigas V02: 0,36 kN/m
 - Vigas V03: 0,30 kN/m

Para la obtención de la carga de viento se partió de los siguientes datos:

UBICACIÓN	Rufino	
CATEGORÍA	II	
EXPOSICIÓN	C	
VELOCIDAD BÁSICA	V	50 m/s
TOPOGRÁFICO	kzt	1
DIRECCIONALIDAD	Kd	0.85
IMPORTANCIA	I	1
FACTOR DE RÁFAGA	G	0.85
INCLINACIÓN CUBIERTA	θ	6.3
CTE DE EXP. DEL TERRENO	zg	274 m
EXPONENTE α	α	9.5
ALTURA ALERO	h1	2.96 m
ALTURA MÁXIMA	h2	4.00 m
ALT MEDIA CUBIERTA	h	2.96 m
COEF DE PRESION INTERNA	GCpi	0.55

Tabla 9.1. Datos de partida para la obtención de la carga de viento.

La obtención detallada de cargas y el cálculo estructural se encuentran en el apartado 3.2 del **Anexo 3**. Aquí se presentan los valores más relevantes y secciones obtenidas.

A partir de los estados nominales de carga se plantean las siguientes combinaciones:

Combinaciones de servicio:

- D + WNPP
- D + WNPS
- D + 0,7 (Lr + WNPP)
- D + 0,7 (Lr + WNPS)

Combinaciones últimas:

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 Lr
- 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WNPP
- 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WNPS
- 1,2 D + 0,5 Lr + 1,5 WNPP
- 1,2 D + 0,5 Lr + 1,5 WNPS
- 0,9 D + 1,5 WNPP
- 0,9 D + 1,5 WNPS

9.3.2. Verificaciones en servicio y en estado último

9.3.2.1. Componentes y revestimientos

Verificación de la chapa

Con la separación entre correas y el ancho de influencia dados, para la chapa se tiene una succión máxima de $-2,782 \text{ kN/m}^2$, mientras que la admisible entre flexión y flecha es de $-2,85 \text{ kN/m}^2$. La presión máxima es de $1,341 \text{ kN/m}^2$ y la admisible es de $2,71 \text{ kN/m}^2$. Entonces, la chapa verifica los requisitos de resistencia y deformación.

VERIFICACIÓN DE LA CHAPA			
Succión		Presión	
qmax [kN/m ²]	-2.782	qmax [kN/m ²]	1.341
Máx adm por flexión [kN/m ²]	2.85	Máx adm por flexión [kN/m ²]	2.71
Máx adm por flecha [kN/m ²]	3.91	Máx adm por flecha [kN/m ²]	3.78
Verifica		Verifica	

Tabla 9.2. Verificación de la chapa según flexión y flecha.

Verificación de las correas

Para las correas se adopta un perfil conformado en frío tipo C 140x80x30x3,2. Se considera que las correas trabajan como simplemente apoyadas solicitadas a flexión. Para lograr esto, se realizan agujeros ovalados en un extremo. Se evaluarán ELS (flecha) y ELU (resistencia).

La flecha máxima para deformaciones verticales se obtiene de la Tabla A-L.4.1 del reglamento.

Se verifican las correas a flexión tanto para presión como succión a partir del reglamento CIRSOC 303, teniendo en cuenta que los perfiles adoptados poseen labios y alas totalmente efectivos en flexión y compresión y almas totalmente efectivas en flexión para la mayor inercia, para lo cual no es necesario la verificación a pandeo local.

VERIFICACIÓN CORREAS					
L [cm]	330	PERFIL ADOPTADO: C 140x80x30x3,20			
ELS			ELU		
$f_{adm} = L / 200$ [cm]	1.65	Alternativa arriostrada a chapeado PRESIÓN		Alternativa arriostrada a chapeado SUCCIÓN	
J [cm ⁴]	340.27				
Ancho de influencia [cm]	120	Md [kNcm]	1028.10	Md (R=0,7) [kNcm]	-719.67
q [kN/m]	-3.255	Mu [kNcm]	388.60	Mu [kNcm]	-678.22
$f = (5/384)(q \times L^4)/(E \times J)$ [cm]	-0.739	Mu/Md	0.378	Mu/Md	0.942
f/fadm	VERIFICA		VERIFICA		VERIFICA

Tabla 9.3. Resumen verificación correas.

9.3.2.2. Sistema Principal

Verificación de la vigas V01

Para las vigas V01 continuas se adoptan perfiles IPE 160. Las mismas se apoyan en sus extremos en otras vigas IPE y tienen un apoyo intermedio sobre columnas IPE.

Dichas vigas se encuentran solicitadas a flexión.

Como se trata de una estructura hiperestática, para obtener esfuerzos y deflexiones se utiliza el software de cálculo STAAD.Pro. Se utiliza el valor de momento máximo obtenido para la verificación en estado límite último y el valor de la máxima flecha para la verificación en servicio del perfil propuesto.

La flecha máxima para deformaciones verticales se obtiene de la Tabla A-L.4.1 del reglamento.

Se realiza el dimensionamiento a flexión, verificando por un lado el pandeo local tanto del alma como del ala del perfil a partir de la Tabla B.5.1 del reglamento CIRSOC 301. A su vez se obtiene el momento nominal a flexión a partir de lo que se prescribe en el apartado F.1 y se verifica la sección a corte a partir del apartado F.2 del reglamento.

Verificación de la vigas V02 y V03

Las vigas V02 y V03 reciben las cargas de las vigas V01 perpendiculares calculadas anteriormente y se apoyan sobre columnas IPE.

Para la viga V02 se adoptan perfiles IPE 270 y para la viga V03 perfiles IPE 240.

Se obtienen las solicitaciones y flechas máximas a partir de un modelo en STAAD Pro.

Las mismas se encuentran solicitadas a flexión y corte, y las cargas a las cuales se encuentran sometidas se obtienen de las reacciones de las vigas V01 considerando las distintas combinaciones en servicio y últimas.

Se realiza el dimensionamiento a flexión, verificando por un lado el pandeo local tanto del alma como del ala del perfil a partir de la Tabla B.5.1 del reglamento CIRSOC 301. A su vez se obtiene el momento nominal a flexión a partir de lo que se prescribe en el apartado F.1 y se verifica la sección a corte a partir del apartado F.2 del reglamento.

La flecha máxima para deformaciones verticales se obtiene de la Tabla A-L.4.1 del reglamento.

Se presenta una síntesis de los valores obtenidos para las distintas vigas:

Elemento	Sección adoptada	Mu [kNcm]	Vu [kN]	Lp [cm]	Lr [cm]	Lb [cm]	Mu/Md	Vu/Vd
Vigas V01	IPE 160	2230.900	23.706	95	272	120	0.899	0.294
Vigas V02	IPE 270	5892.600	18.287	155	351	330	0.758	0.100
Vigas V03	IPE 240	3524.800	11.071	139	272	330	0.626	0.074

Tabla 9.4. Resumen verificación vigas.

Verificación de las columnas

Para todas las columnas (C01, C02 y C03) se adoptan perfiles IPE 140.

La columna C01 recibe las reacciones de la viga V02, la C02 las de la viga V03 y las C03 reciben las reacciones intermedias de las vigas continuas V01.

Estos elementos se verifican tanto a compresión simple como a tracción frente a las peores combinaciones de carga.

Elemento	Sección adoptada	Nu [kN]	Tu [kN]	kL/rx	kL/ry	Nu/Nd
Columnas C01	IPE 140	38.715	41.777	38.328	133.333	0.120
Columnas C02	IPE 140	18.505	14.233	38.328	133.333	0.041
Columnas C03	IPE 140	11.357	7.353	38.328	133.333	0.021

Tabla 9.5. Resumen verificación columnas.

9.3.3. Fundaciones

Verificación de las bases

Se dimensionan las bases de las columnas mismas con hormigón H-21. Se verifican a compresión, evaluando la presión del hormigón bajo placa y la flexión de la misma por compresión del hormigón. Se verifican a tracción los pernos para el caso de base traccionada. Se colocan los pernos de manera de constituir un apoyo fijo, por ende la placa no se flexa por tracción de los pernos.

BASES COLUMNAS		Elemento		
		Bases C01	Bases C02	Bases C03
Presiones verticales del hormigón	Pu [kN]	18.50	11.36	38.71
	Dim.A placa [cm]	16	16	16
	Dim.B placa [cm]	10	10	10
	A1 [cm ²]= A x B	160	160	160
	Dim.AF base H. [cm]	21	21	15
	Dim.BF base H. [cm]	15	15	10
	A2 [cm ²]= AF x BF	315	315	315
	fp [kN/cm ²]	0.116	0.071	0.242
	fp/fadm	0.077	0.047	0.077
Flexión placa por compresión del hormigón	W [cm]	1	1	1
	Zp [cm ³]	4.03	4.03	4.03
	Mu/Md	0.007	0.0042	0.007
Tracción Pernos	Tu [kN]	14.23	7.35	41.78
	Cant. Pernos	4	4	4
	φ Perno [cm]	1.59	1.59	1.59
	Fu [kN/cm ²]	37.00	37.00	37.00
	Tu/Td	0.09	0.04	0.09

Tabla 9.6. Resumen verificación bases.

Verificación de tensiones en el suelo

Para la misma se utiliza un valor de tensión admisible igual a 0,0029 kN/cm², el cual se obtuvo como promedio de las tensiones admisibles obtenidas de los sondeos realizados por el estudio BISA (ver **Anexo 1**).

VERIFICACIÓN TENSIONES EN EL SUELO				
σ _{adm} [kN/cm ²]	Ps [kN]	Area Base [cm ²]	σ [kN/cm ²]	σ/σ _{adm}
0.0029				
Bases columnas C01	9.87	3600	0.0027	0.94
Bases columnas C02	6.25	2400	0.0026	0.90
Bases columnas C03	20.01	7150	0.0028	0.97

Tabla 9.7. Resumen verificación de tensiones en el suelo.

10. DISEÑO DE ESPACIO EDUCATIVO: AULARIO

Actualmente en el Aeroclub no cuenta con un espacio físico acorde para el dictado de clases de aviación. Es por ello que se incorpora en los objetivos del presente proyecto la creación de una edificación destinada al ámbito educativo.

Para poder llevar adelante esta tarea, es necesario determinar algunas pautas de diseño. En primer lugar, se define que los cursos se dictarán para no más de 12 personas en simultáneo, lo que permitirá tener un ambiente tranquilo y más personalizado a la hora de dar clases. En caso de ser un curso muy demandado, podrían establecerse comisiones con diferentes horarios. Conociendo la capacidad de personas con la que debe contar el aula es posible determinar las dimensiones de la misma.

En segundo lugar, se debe determinar la ubicación del aulario. Se propone inicialmente ubicarlo entre el hangar existente y las barracas correspondientes al sector administrativo y al bar, detallado en el punto 9. Se desea tener conexión con estos dos espacios ya que, al estar dando cursos de aviación, es muy probable que resulte práctico poder acceder a los aviones que se encuentran en el hangar. A su vez, se considera que sería para comodidad de los estudiantes que los mismos se encuentren cerca del sector recreativo, ya que es a donde, muy probablemente, se dirijan durante los recesos.

Por los motivos expuestos, finalmente se decide ubicar el aulario más próximo a las barracas, considerando que la situación de acudir al bar es más frecuente que la de acudir al hangar. Para llegar a este último, los estudiantes deberán recorrer una distancia de aproximadamente 230 m.

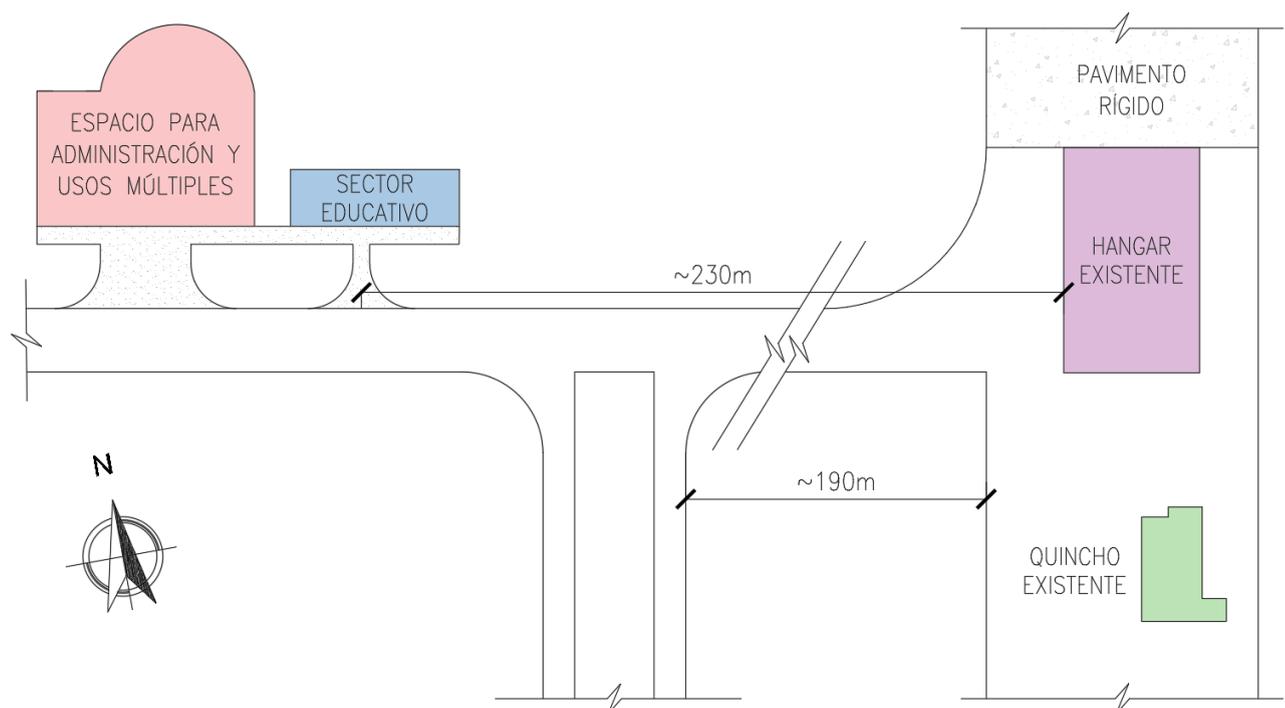


Figura 10.1. Ubicación del aulario respecto al hangar existente.

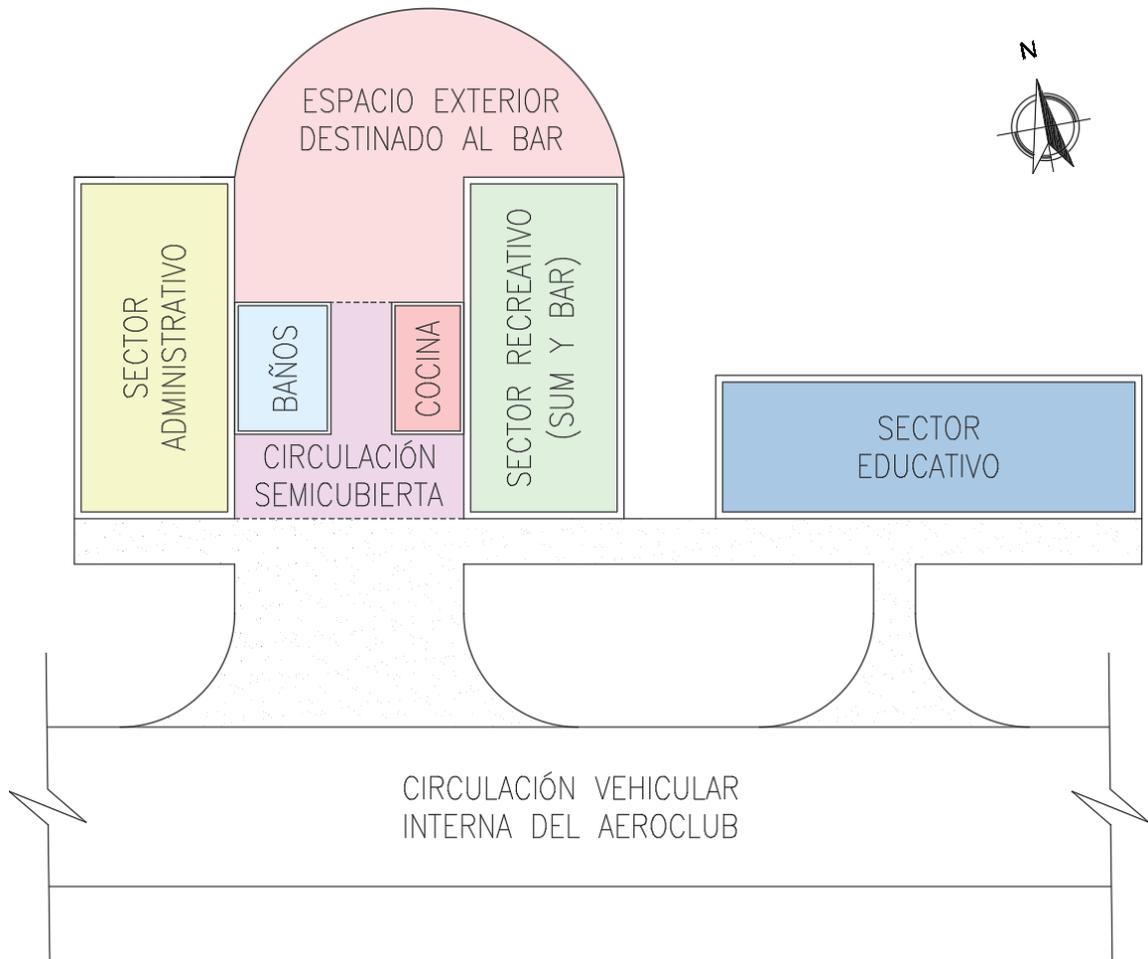


Figura 10.2. Definición de sectores.

Se considera, además, la incorporación de un aula más pequeña para utilizarla en caso de cursos menos demandados que puedan darse en simultáneo con clases en el otro salón. También se incluye un baño de uso exclusivo para las personas que se encuentren en el aula. El mismo cuenta con dos lavabos y un sanitario.

Para la organización de esta nueva edificación, se plantea que la misma sea lineal, encontrando en los extremos las aulas y en la parte central el núcleo sanitario. El acceso al aula se realiza por la zona central, punto desde el cual las personas pueden dirigirse a cualquiera de los dos salones o al baño.

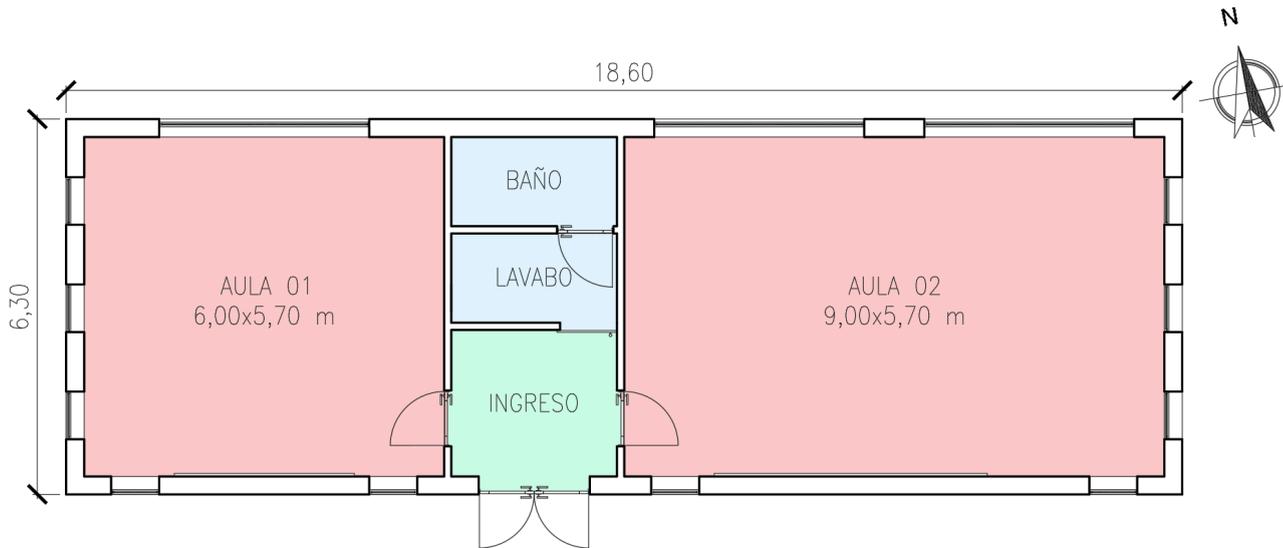


Figura 10.3. Organización interna del aula.

Al ubicar el aula cerca de las barracas, se propone generar un vínculo entre el sector educativo y el administrativo y recreativo. Ésto se logra utilizando el mismo suelo para el exterior en ambas edificaciones, y por la construcción de un espacio de descanso entre el aula y una de las barracas.

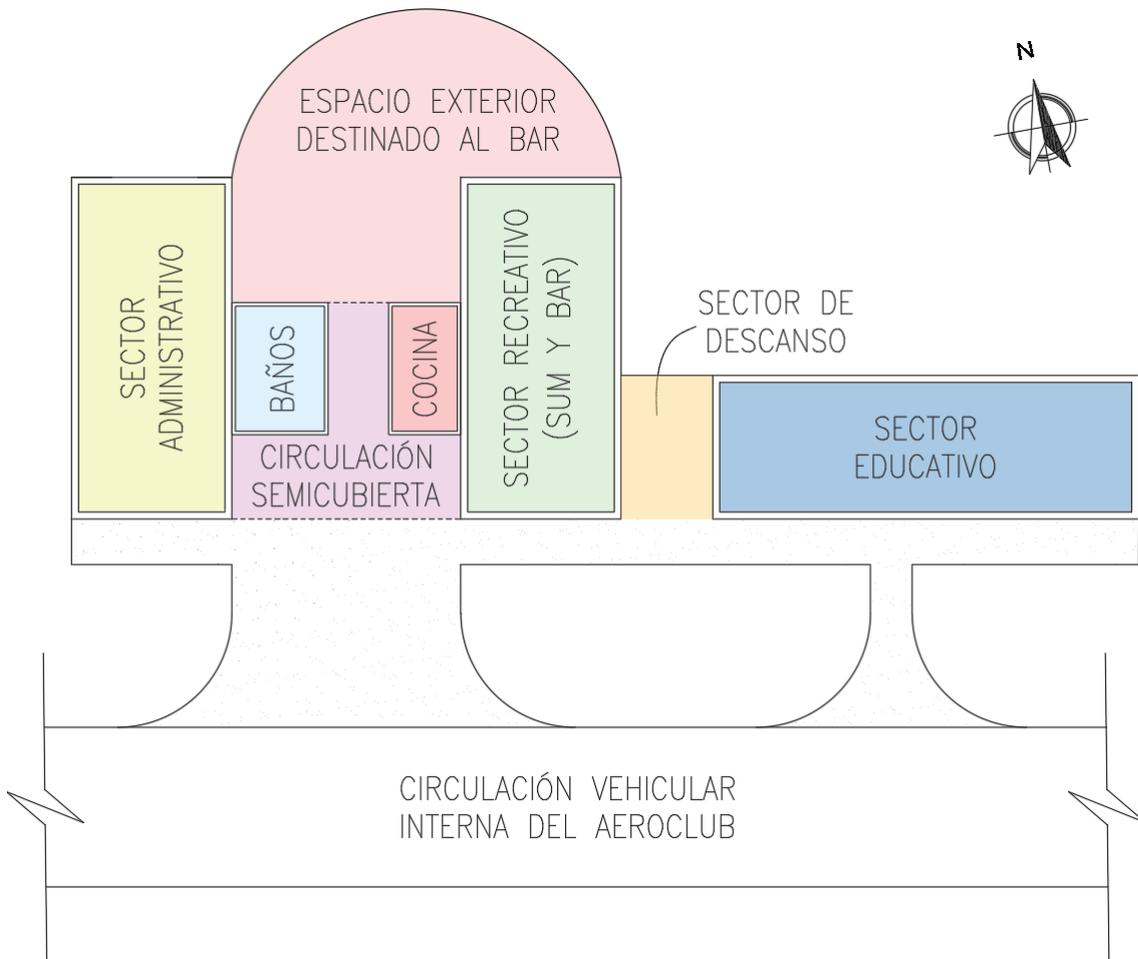


Figura 10.4. Incorporación del sector de descanso entre el aula y las barracas.

10.1. Materialidad y definiciones

Para lograr que la edificación se integre de forma armoniosa con las construcciones existentes de las barracas y el núcleo que se desea construir entre estas últimas, se propone que el aulario consista en una edificación tradicional con cubierta a dos aguas.

Se materializan los cerramientos con mampostería portante de ladrillo visto (espesor de 30 cm) con el objetivo de generar la idea de calidez. Por dentro, se definen terminaciones lisas y blancas para los muros, de forma tal que se logre una mejor iluminación y un ambiente sereno.

Al mirar el techo se verá la estructura resistente, conformada por la viga cumbreira y las vigas que apoyan sobre la primera, en un color negro que resalta sobre el color ciprés del cielorraso. Las correas a las cuales se fija la chapa de la cubierta quedan ocultas por el cielorraso de pvc, y entre ellas se ubica la lana de vidrio que da la aislación necesaria para lograr valores aceptables de transmitancia térmica.

En cuanto al piso, el mismo es único para toda la edificación, y consiste en un acabado de cemento alisado. De esta manera, no resulta necesario la utilización de solias. En la unión con los muros se dispone de zócalos en los mismos tonos que el techo.

Se utilizan aberturas de grandes dimensiones al norte, mientras que en los demás puntos cardinales se disponen de ventanas proyectantes de menor tamaño. Se aclara que al lado oeste se tiene la edificación lindera a 4 metros que actúa como obstáculo al sol cuando cae la tarde. Todas las aberturas se utilizan en color negro, a juego con los elementos estructurales de la cubierta.

La cubierta de chapa imita a las barracas, generando el vínculo con éstas. Se logra así conformar un conjunto, integrando las edificaciones y generando un espacio de aprendizaje cercano a uno de recreación.

Con estas propuestas se obtiene una muy buena aislación térmica, cumpliendo con la ordenanza 8757 de la ciudad de Rosario.

PLANILLA 2: Verificación de Transmitancia Térmica para cerramientos opacos de cada solución constructiva.			
Paredes Exteriores			
Descripción:	Espesor e [m]	Conductividad λ [W/ m K]	Resistencia R [m ² K / W]
Resistencia Superficial Exterior			0,040
Ladrillos - Macizos comunes de 1800 kg/m ³	0,250	0,910	0,275
Aislantes térmicos - Plancha Poliestireno expandido de 20 kg/m ³ (ISOPOR, ASTS O SIMILAR)	0,030	0,035	0,857
Morteros - De cemento , cal y arena	0,015	0,930	0,016
Morteros - De yeso	0,050	0,570	0,088
Resistencia Superficial Interior			0,130
Resistencia Térmica Total			1,406
Transmitancia térmica K [W/m² K]			0,71

Figura 10.5. Cálculo de la transmitancia térmica de las paredes del aulario.

PLANILLA 5: Verificación de Transmitancia Térmica para cerramientos opacos de cada solución constructiva.			
Pisos			
Descripción:	Espesor e [m]	Conductividad λ [W/ m K]	Resistencia R [m ² K / W]
Resistencia Superficial Exterior			0,040
Metales - Acero	0,001	58,000	0,000
Aislantes térmicos -Filtro de Lana de vidrio de 15 a 18 kg/m ³ (ROLAC- ISOVER O SIMILAR)	0,080	0,040	2,000
Resistencia Superficial Interior			0,170
Resistencia Térmica Total			2,210
Transmitancia térmica K [W/m² K]			0,45

Figura 10.6. Cálculo de la transmitancia térmica para la cubierta del aulario.

10.2. Cálculo estructural

10.2.1. Cargas

Para el cálculo estructural se consideran los estados de carga en servicio y últimos obtenidos de las combinaciones de sobrecarga, viento y peso propio de los elementos estructurales y de cerramiento.

Para obtener las cargas nominales se definen en primer lugar cuestiones de diseño como los elementos estructurales a disponer, separación y vinculación entre los mismos, entre otros. Para dar inicio al proceso creativo, en primer lugar se definen las dimensiones interiores de los salones de forma tal que se puedan ubicar vigas de forma equidistante. Luego se define la inclinación que se le dará las mismas. Para ello se establecen las alturas libres en el interior del edificio, y con las mismas se obtiene la pendiente del techo. Definida esta última, se adopta la separación de correas que se colocan sobre las vigas.

A continuación se presenta el diseño y separaciones adoptadas para el cálculo de los diferentes elementos estructurales a considerar:

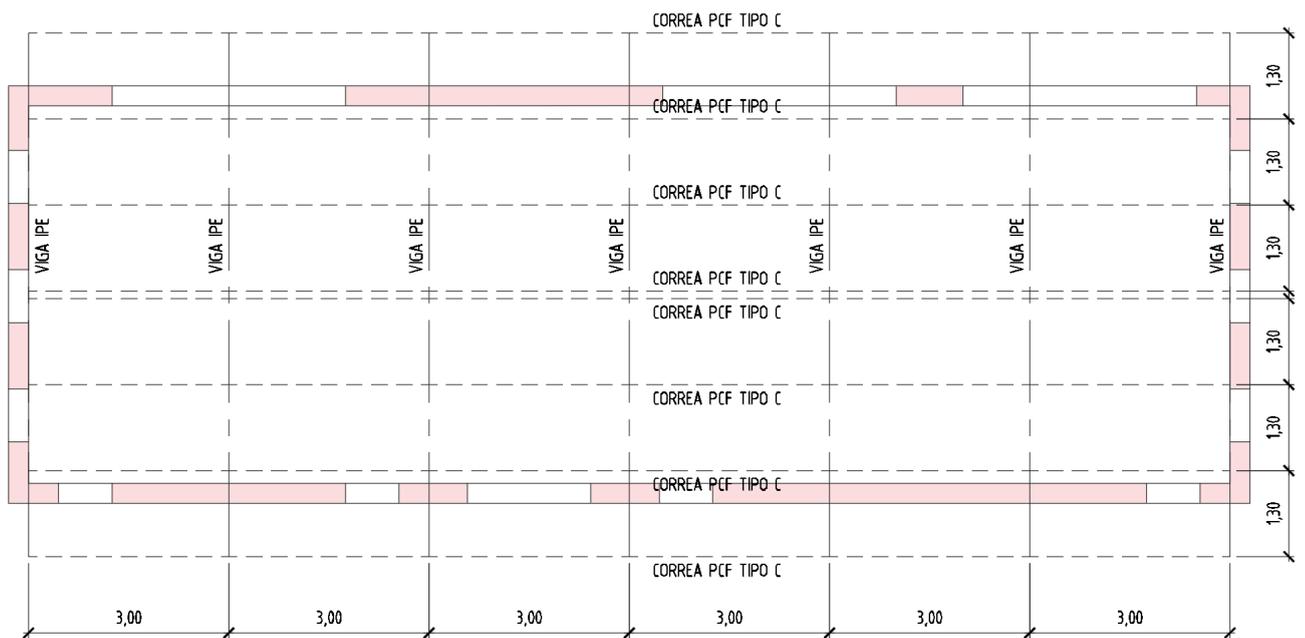


Figura 10.7. Elementos estructurales de la cubierta del aulario y sus separaciones. Vista en planta.

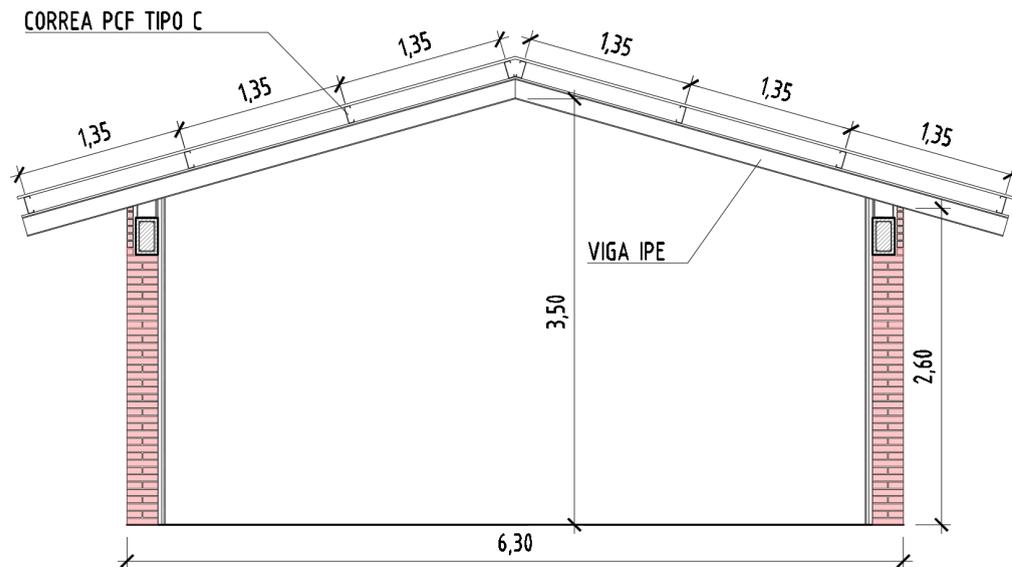


Figura 10.8. Elementos estructurales de la cubierta del aulario y sus separaciones. Vista en corte.

Como puede observarse en las Figuras 10.5. y 10.6., se parte de las siguientes consideraciones geométricas:

- Altura máxima: 3,5 m. Mínima: 2,6 m.
- Luz de las correas: 3,00 m
- Separación de las correas: 1,35 m
- Luz de las vigas: 3 m
- Ángulo de la cubierta: $16,70^\circ$ ($\approx 30\%$)

Para el cálculo estructural se consideran los estados de carga en servicio y últimos obtenidos de las combinaciones de sobrecarga, viento y peso propio de los elementos estructurales y de cerramiento.

Se tiene las siguientes cargas nominales:

- Sobrecarga Lr: $0,96 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de viento: Se tiene una presión de diseño $q_h = 1,13 \text{ kN/m}^2$.
 - Componentes y revestimientos: presión de $0,63 \text{ kN/m}^2$ y succión de $-1,15 \text{ kN/m}^2$
 - Sistema Principal resistente a la fuerza de viento: los valores obtenidos para la cubierta en estudio resultan puramente de succión, siendo para viento perpendicular a la cumbrera $-0,87 \text{ kN/m}^2$ (cubierta a barlovento con presión interna) y $-0,68$ (cubierta a sotavento con presión interna) y $-0,47 \text{ kN/m}^2$ (cubierta a barlovento con succión interna) y $-0,28$ (cubierta a sotavento con presión interna). Por otro lado se obtiene $-1,07 \text{ kN/m}^2$ de succión para viento paralelo a la cumbrera.
- Peso Propio:
 - Chapa acanalada: $0,0696 \text{ kN/m}^2$

- Correas: 0,0647 kN/m
- Vigas: 0,157 kN/m

Para la obtención de la carga de viento se partió de los siguientes datos:

UBICACIÓN	Rufino	
CATEGORÍA	II	
EXPOSICIÓN	C	
VELOCIDAD BÁSICA	V	50 m/s
TOPOGRÁFICO	kzt	1
DIRECCIONALIDAD	Kd	0.85
IMPORTANCIA	I	1
FACTOR DE RÁFAGA	G	0.85
INCLINACIÓN CUBIERTA	θ	16.7
CTE DE EXP. DEL TERRENO	zg	274 m
EXPONENTE α	α	9.5
ALTURA ALERO	h1	2.35 m
ALTURA MÁXIMA	h2	3.50 m
ALT MEDIA CUBIERTA	h	2.93 m
COEF DE PRESION INTERNA	GCpi	0.18

Tabla 10.1. Datos de partida del aulario para el cálculo de las cargas de viento.

La obtención detallada de cargas y el cálculo estructural se encuentran en el punto 3.3 del **Anexo 3**. Aquí se presentan los valores más relevantes y secciones obtenidas.

10.2.2. Verificaciones en servicio y en estado último

10.2.2.1. Componentes y revestimientos

Verificación de la chapa

Se verifica la chapa acanalada adoptada tanto a succión y como a presión.

VERIFICACIÓN DE LA CHAPA			
Succión		Presión	
qmax [kN/m ²]	-2.030	qmax [kN/m ²]	1.125
Máx adm por flexión [kN/m ²]	-2.275	Máx adm por flexión [kN/m ²]	2.14
Máx adm por flecha [kN/m ²]	-2.79	Máx adm por flecha [kN/m ²]	2.655
Verifica		Verifica	

Tabla 10.2. Verificación de la chapa según flexión y flecha.

Verificación de las correas

Se adopta un perfil laminado en frío tipo C 140x50x20x3,2 y se realizan las verificaciones correspondientes de resistencia y deformación. Se considera que las correas trabajan como simplemente apoyadas, solicitadas a flexión. Para lograr esto, se realizan agujeros ovalados en un extremo. Se evaluarán ELS (flecha) y ELU (resistencia).

La flecha máxima para deformaciones verticales se obtiene de la Tabla A-L.4.1 del reglamento, la cual para barras soportando cubiertas rígidas es de $L/200$.

Se verifican las correas a flexión tanto para presión como succión a partir del reglamento CIRSOC 303, teniendo en cuenta que los perfiles adoptados poseen labios y alas totalmente efectivos en flexión y compresión y almas totalmente efectivas en flexión para la mayor inercia, para lo cual no es necesario la verificación a pandeo local.

VERIFICACIÓN CORREAS					
L [cm]	300	PERFIL ADOPTADO: C 140x50x20x3,20			
ELS			ELU		
$f_{adm} = L / 200$ [cm]	1.50	Alternativa arriostrada a chapeado PRESIÓN		Alternativa arriostrada a chapeado SUCCIÓN	
J [cm ⁴]	237.43				
Ancho de influencia [cm]	135	Md [kNcm]	717.41	Md (R=0,7) [kNcm]	502.19
q [kN/m]	1.009	Mu [kNcm]	311.21	Mu [kNcm]	462.20
$f = (5/384)(q \times L^4)/(E \times J)$ [cm]	0.595	Mu/Md	0.434	Mu/Md	0.920
f/fadm	VERIFICA		VERIFICA		VERIFICA

Tabla 10.3. Resumen verificación correas.

10.2.2.2. Sistema principal

Verificación de las vigas

Se adopta un perfil IPE 160 que sigue la inclinación de la cubierta. La viga queda solicitada a flexo-compresión para cargas descendentes y flexo-tracción para cargas ascendentes (de succión del viento).

Se obtienen las solicitaciones y deformaciones a partir de un modelo en STAAD Pro.

Se verifica a flexo-compresión a partir del inciso H.1 del reglamento CIRSOC 301.

La flecha máxima para deformaciones verticales se obtiene de la Tabla A-L.4.1 del reglamento, la cual para barras soportando cubiertas rígidas es de $L/200$.

Se presenta a modo de resumen la siguiente tabla (Tabla 10.4):

Sección adoptada	Mu [kNcm]	Vu [kN]	Nu [kN]	Lp [cm]	Lr [cm]	Lb [cm]	kL/rx	kL/ry	Mu/Md	Vu/Vd	Nu/Nd	Pu/2Pd +Mu/Md
IPE160	439.20	8.30	29.72	85	272	135	95.44	73.37	0.209	0.103	0.100	0.103

Tabla 10.4. Resumen verificación vigas.

Verificación de resistencia mampostería

Las cargas de la cubierta finalmente son tomadas por la mampostería portante de ladrillos macizos comunes. Para verificar la resistencia de esta, se toma en cuenta su peso propio y el del encadenado, además de la carga de la cubierta (la cual se obtiene a partir de la reacción de la viga sobre la mampostería). Estas cargas se consideran distribuídas en el espesor de la mampostería para obtener la tensión última de compresión, la cual se compara con la admisible de 500 kN/m².

Mampostería Portante N y S	
Peso Propio Mampostería	
Peso específico γ [kN/m ³]	17
Espesor [m]	0.3
PP por unidad de área [kN/m ²]	5.1
Altura mampostería [m]	2.4
PP lineal [kN/m]	12.24
Factor de amplific. carga	1.2
Peso Propio Encadenado	
Peso específico γ [kN/m ³]	25
Espesor [m]	0.18
Altura [m]	0.3
PP lineal [kN/m]	1.35
Factor de amplific. carga	1.2
Carga cubierta	
P por viga [kN]	19.48
Cant. Vigas	7
Long. muro [m]	18.00
qcubierta [kN/m]	7.58
Carga Total [kN/m]	23.88
σ [kN/m ²]	79.61
σ_{adm} [kN/m ²]	500
σ/σ_{adm}	0.15923
	Verifica

Tabla 10.5. Resumen verificación de mampostería.

Mampostería Portante E y O		
Peso Propio Mampostería		
Peso específico γ [kN/m ³]	17	
Espesor [m]	0.3	
PP por unidad de área [kN/m ²]	5.1	
Altura mampostería [m]	3.25	
PP lineal [kN/m]	16.575	
Factor de amplific. carga	1.2	
Peso Propio Encadenado		
Peso específico γ [kN/m ³]	25	
Espesor [m]	0.18	
Altura [m]	0.3	
PP lineal [kN/m]	1.35	
Factor de amplific. carga	1.2	
Carga Total [kN/m]	21.51	
σ [kN/m ²]	71.70	
σ_{adm} [kN/m ²]	500	
σ/σ_{adm}	0.143	Verifica

Tabla 10.6. Resumen verificación de mampostería.

Verificación de dinteles

Se materializa un dintel de hormigón de 18 cm de espesor y 30 de altura para salvar la luz de las ventanas de 3,5m proyectadas. De estos se verifica su flecha y se dimensionan armaduras de tracción y estribos.

DINTELES - Desp. Máximo		D01
Long. ventana [cm]		350
$f_{adm} = L / 200$ [cm]		1.75
bw [cm]		18
h [cm]		30
q [kN/cm]		0.020
f [cm]		0.041
f/fadm	0.02323	Verifica

Tabla 10.7. Verificación flecha máxima dinteles.

DINTELES - ARM. LONG.		D01
Long. ventana		3.50
Sección	bw [cm]	18
	h [cm]	30
Mfu [kNm]		11.60
Recubrimiento [cm]		2.00
\emptyset estribos [cm]		0.60
\emptyset barras [cm]		1.20
d [m]		0.27
ϕ		0.90
Mn [kNm]		12.89
mn		0.04
ω_e		0.04
a [m]		0.01
c [m]		0.015
ϕ [rad/m]		0.20
ϵ		0.05
A calculo [cm ²]		1.17
A minima 1 [cm ²]		1.44
A minima 2 [cm ²]		1.61
A determinante [cm ²]		1.61
Aadoptada [cm ²]		2 ϕ 12

Tabla 10.8. Resumen verificación de dinteles.

Se adoptan 2 ϕ 12 inferiores para los dinteles.

DINTELES - ESTRIBOS		D01
Long. ventana		3.50
Sección	bw [cm]	18
	d [cm]	26.80
Vu [kN]		13.26
Vn [kN]		15.60
Vc [kN]		40.20
Avmin [cm ²]		1.41
Sep. max [cm]		26.80
Sep. cálculo [cm]		39.60
Aadoptada [cm ²]		1 ϕ 6 c/20 cm

Tabla 10.9. Estribos de dinteles.

10.2.3. Fundaciones

Verificación de zapatas

Finalmente, las cargas se transmiten al suelo mediante una zapata corrida. Se verifican las tensiones de compresión generadas adoptando una zapata de 80 cm de alto y 70 de ancho.

Zapata corrida muros Norte y Sur	
Peso Propio Mampostería	
Peso específico γ [kN/m ³]	17
Espesor [m]	0.3
PP por unidad de área [kN/m ²]	5.1
Altura mampostería [m]	2.5
PP lineal [kN/m]	12.75
Peso Propio Encadenados	
Peso específico γ [kN/m ³]	25
Espesor Enc. Sup [m]	0.18
Espesor Enc. Inf. [m]	0.25
Altura Enc. Sup [m]	0.3
Altura Enc. Inf. [m]	0.2
PP lineal Enc. Sup. [kN/m]	1.35
PP lineal Enc. Inf. [kN/m]	1.25
Carga cubierta	
P por viga [kN]	5.09
Cant. Vigas	7
Long. muro [m]	18.00
$q_{cubierta}$ [kN/m]	1.98
Carga Total [kN/m]	17.33
Ancho zapata [m]	0.8
σ [kN/m ²]	21.66
σ_{adm} [kN/m ²]	29
σ/σ_{adm}	0.747
	Verifica

Zapata corrida muros Este y Oeste	
Peso Propio Mampostería	
Peso específico γ [kN/m ³]	17
Espesor [m]	0.3
PP por unidad de área [kN/m ²]	5.1
Altura mampostería [m]	3.4
PP lineal [kN/m]	17.34
Peso Propio Encadenados	
Peso específico γ [kN/m ³]	25
Espesor Enc. Sup [m]	0.18
Espesor Enc. Inf. [m]	0.25
Altura Enc. Sup [m]	0.3
Altura Enc. Inf. [m]	0.2
PP lineal Enc. Sup. [kN/m]	1.35
PP lineal Enc. Inf. [kN/m]	1.25
Carga Total [kN/m]	19.94
Ancho zapata [m]	0.8
σ [kN/m ²]	24.93
σ_{adm} [kN/m ²]	29
σ/σ_{adm}	0.859
	Verifica

Tabla 10.10. Resumen verificación de tensiones sobre el suelo / zapata corrida.

11. DISEÑO HANGAR

11.1. Introducción

El aeroclub actualmente cuenta con un hangar el que se utiliza para alojar las siguientes aeronaves:

- Aero Boero 150
- Cessna 150
- Blanik L13 (planeador)

El mismo consta de una estructura metálica de 15x20 metros en planta, 3.6m de altura libre y 6m de altura total.



Figura 11.1. Hangar existente.

Debido a que actualmente tanto el aeroclub como la escuela de aviación se encuentran en crecimiento, se diseña un hangar complementario como medida para satisfacer la demanda de espacio de guardado de aeronaves.

Se ubicará la estructura en el mismo sector donde se encuentra ubicado el hangar existente, paralela a la plataforma de hormigón que se proyectó en etapas anteriores.

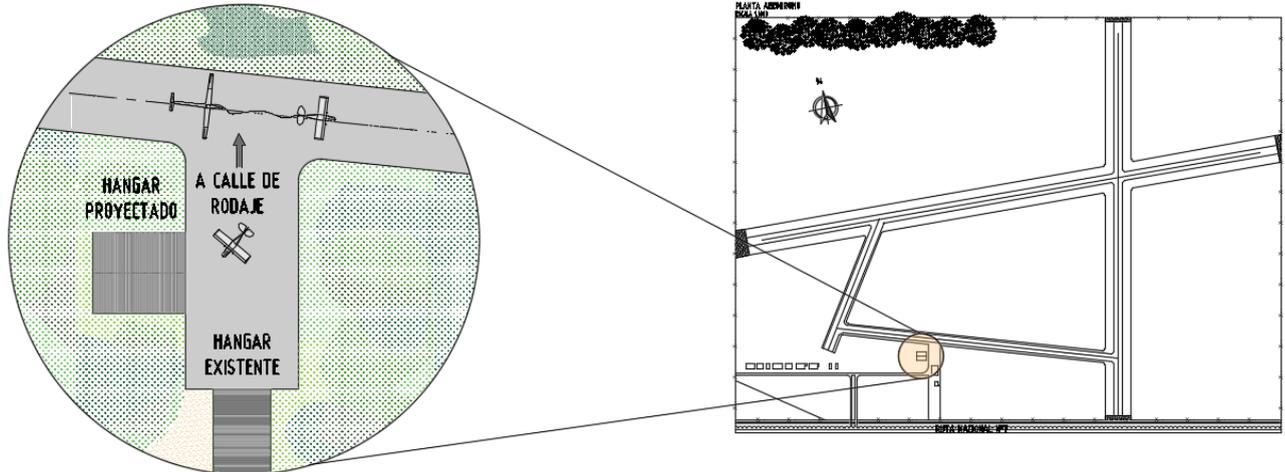


Figura 11.2. Emplazamiento del hangar proyectado.

11.2. Dimensiones

Se estipula que en el hangar proyectado se almacenarán aviones Aero Boero 150, Cessna 150 y Blanik L13, de la misma manera que en el hangar existente. Una aclaración importante a realizar, es que, si bien para el dimensionamiento de las pistas se utilizó un Cessna Citation XLS, se considera que el mismo puede aterrizar esporádicamente y que el mismo no será propiedad del aeroclub. El hangar proyectado abastecerá a las aeronaves pertenecientes al aeroclub.

Las aeronaves de diseño presentan las siguientes características:

	Longitud [m]	Envergadura [m]	Altura [m]	Peso del avión vacío [kg]	Carga Útil [kg]	Peso máxima de despegue [kg]
Aero Boero 150	7.27	10.72	2.1	590	411	1001
Cessna 150	7.5	10.2	2.6	504	226	730
Blanik L13	13.7	16.2	2	292	208	500

Tabla 11.1. Características aeronaves.

Dicho esto, la aeronave crítica que condicionará las dimensiones será el Blanik L13.

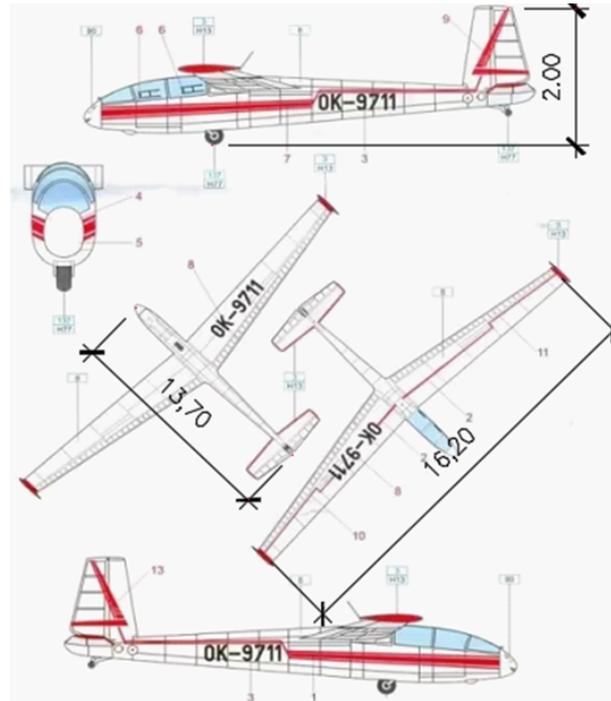


Figura 11.3. Características Blanik L13.

Se plantean esquemas de ingreso/salida de las aeronaves a la estructura metálica para establecer sus dimensiones en planta según la funcionalidad buscada. Se considera que el Aero Boero y el Cessna se utilizan en simultáneo, no siendo necesario disponer dimensiones para que ambos aviones puedan salir del hangar de manera independiente. Esta hipótesis de funcionamiento se funda en el hecho de que las aeronaves son utilizadas mayoritariamente por la escuela de aviación. Los esquemas se pueden encontrar en el apartado 3.4 del **Anexo 3**.

De esta manera, se adopta un hangar de 21x24m en planta y se prevé un portón en el frontis de 18m de largo. Cabe destacar que el Blanik L13 se guarda con las alas inclinadas, no ocupando en planta la envergadura indicada en la *Tabla 11.3*.

En cuanto a la altura libre, se establece en función de la altura del Cessna 150 la cual es de 2.6m y se deja una revancha para garantizar el adecuado funcionamiento.

$$\text{Altura portón} = \text{Altura Cessna} + \text{Revancha funcional}$$

$$\text{Altura portón} = 2,60\text{m} + 0,60\text{m} = 3,20\text{m}$$

Por otro lado, la altura libre en la zona central del galpón considera además, la necesidad de guardado del Blanik con sus alas inclinadas por lo que se adopta:

$$\text{Altura libre zona central} = \text{Altura portón} + \text{Altura guardado}$$

$$\text{Altura libre zona central} = 3,20\text{m} + 1,00\text{m} = 4,20\text{m}$$

Por último, se determina la altura total de 5,80 m la cual corresponde a una cubierta inclinada con un ángulo de 9°.

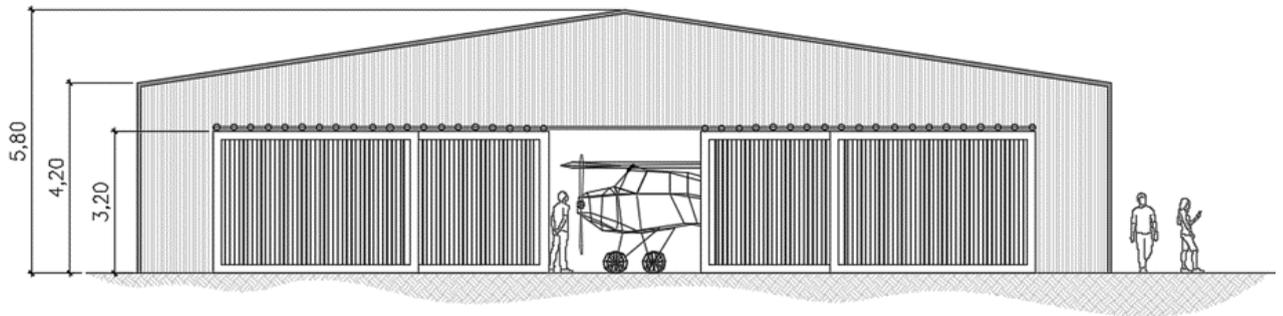


Figura 11.4. Vista del hangar proyectado.

Como materialidad se define una estructura metálica cuya envolvente se realiza con chapas de acero galvanizadas vinculadas a la estructura principal a través de correas, de la misma manera que el hangar existente.

11.3. Cálculo estructural

La solución estructural consta de cinco líneas de pórticos metálicos vinculados en sentido longitudinal por fundaciones por medio de un sistema de contraviento constituido por puntales y tensores. La estructura de fundación se materializa mediante monopilotes.

Se plantea la estructura general del hangar, sin embargo, a los fines del proyecto se dimensionan solamente los pórticos principales, las fundaciones tipo y las correas tipo de techo y pared.

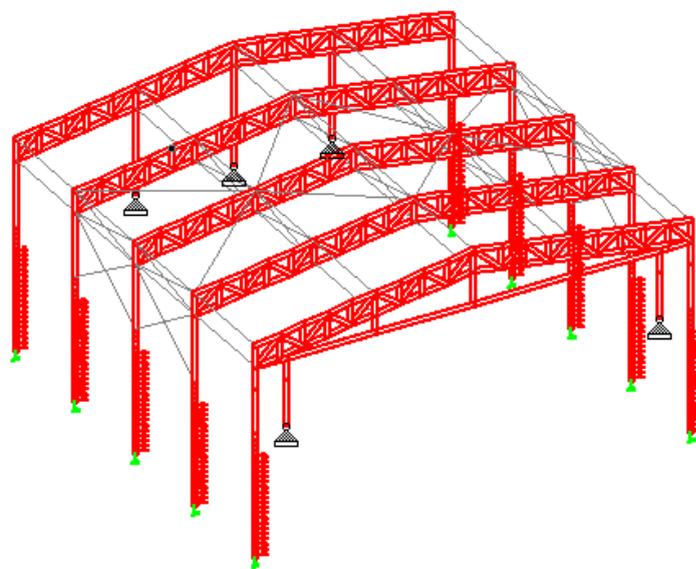


Figura 11.5. Estructura del hangar proyectado.

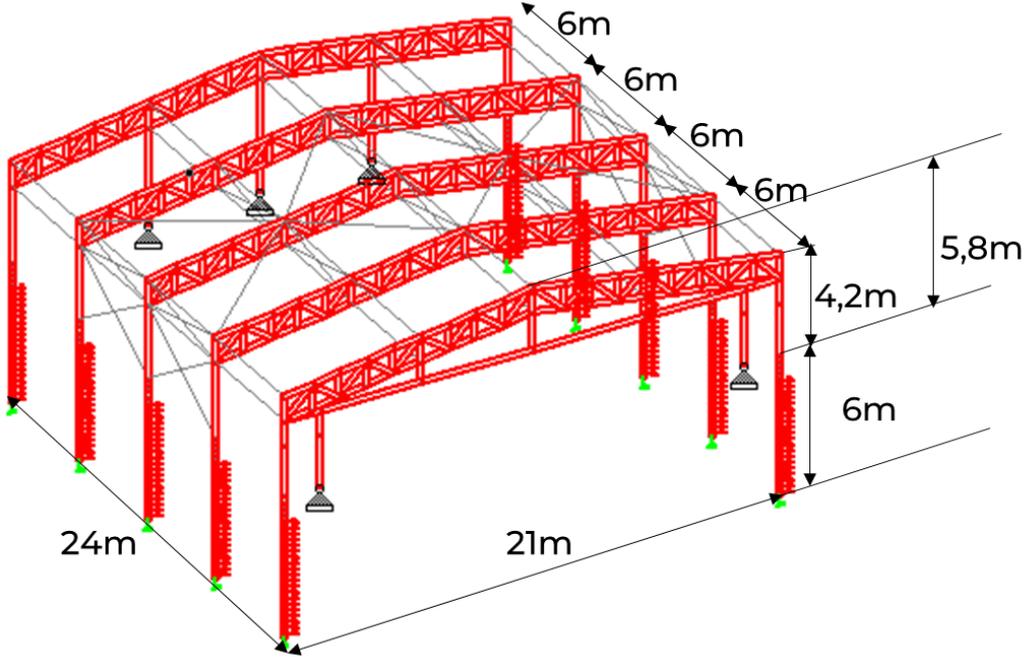


Figura 11.6. Estructura del hangar proyectado.

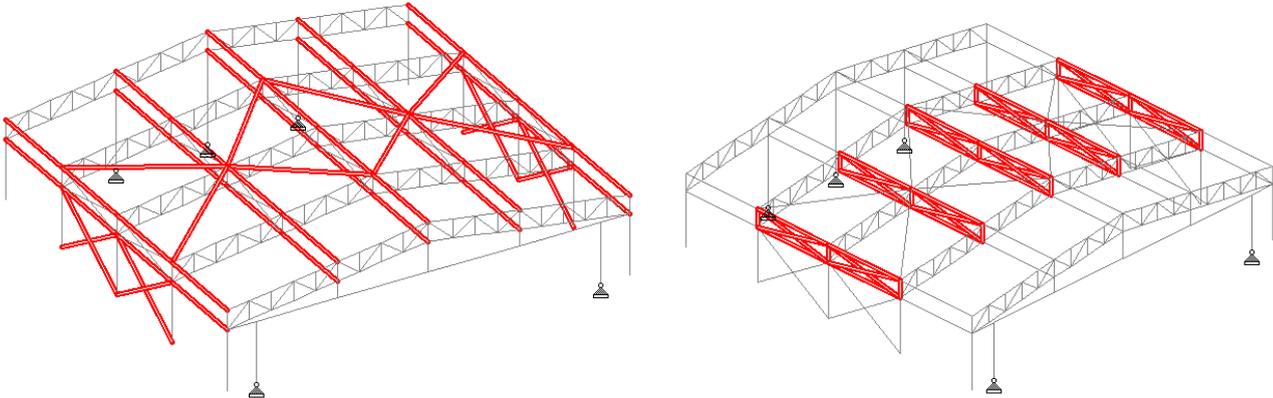


Figura 11.7. Estructura del hangar proyectado.

11.3.1 Modelo de cálculo

Se diseñan pórticos tipo de cabriada reticulada con altura constante, cuyas dimensiones se indican en el siguiente esquema:

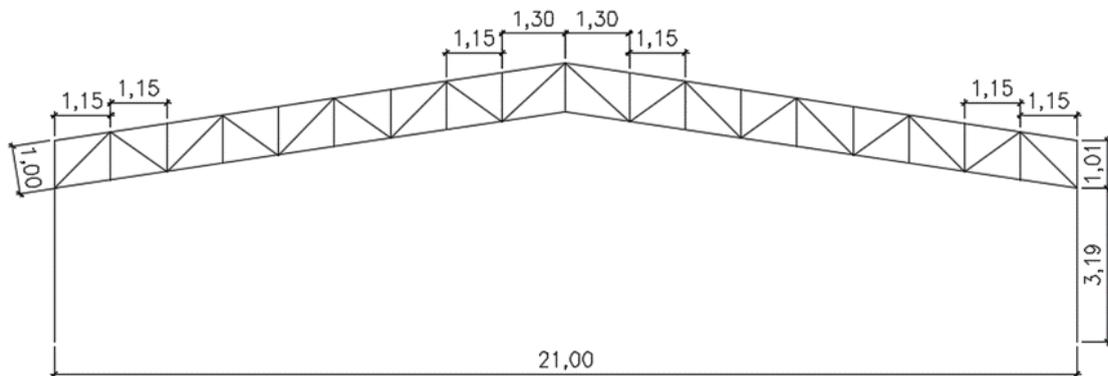


Figura 11.8. Pórtico tipo.

Para determinar los esfuerzos internos se utiliza el programa de cálculo Staad Pro. En el mismo se realizan las siguientes consideraciones:

- Las diagonales y montantes del reticulado se modelan como elementos tipo “*member truss*” de manera que trabajen axialmente sin tomar corte y flexión.
- Se modelan las columnas, el fuste y los pilotes para analizar la vinculación por medio de elementos finitos.
- Todos los componentes estructurales se modelan como elementos de barra asignándoles su sección correspondiente.
- La acción del suelo sobre los pilotes se representa mediante apoyos elásticos cuya constante está representada por el coeficiente de balasto.

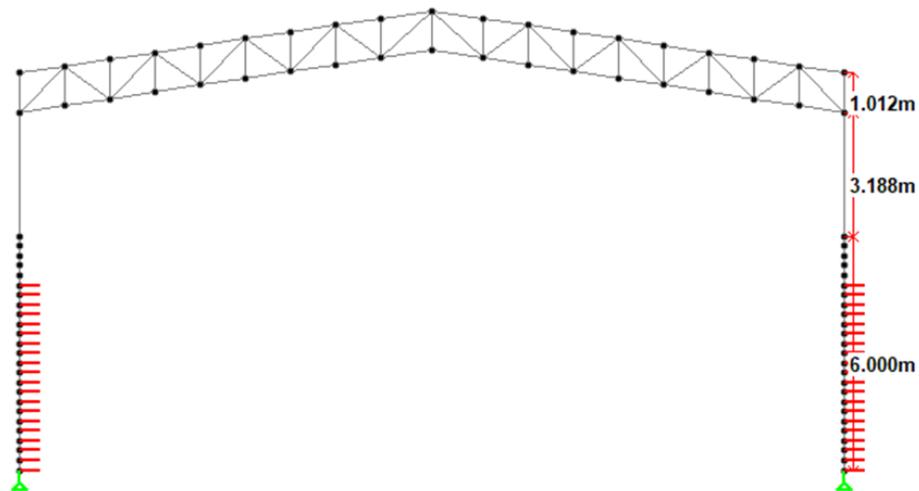


Figura 11.9. Modelo de cálculo.

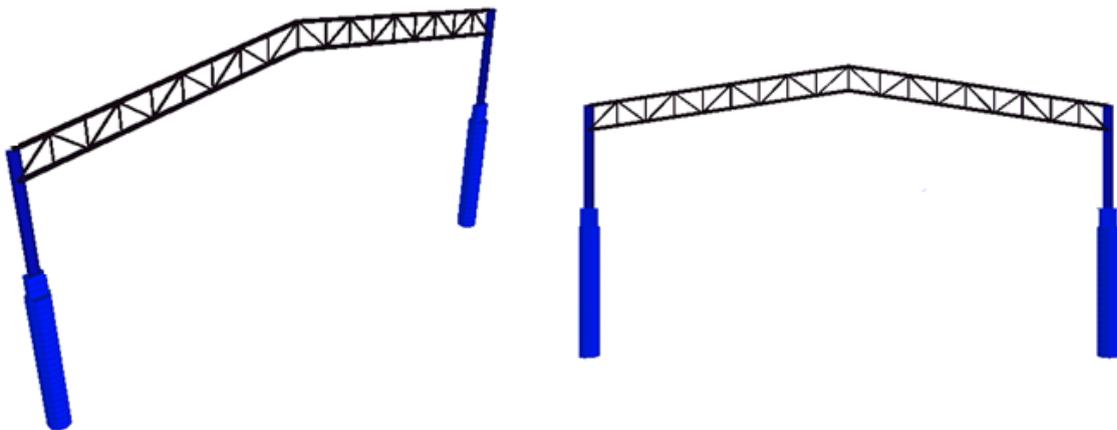


Figura 11.10. Modelo de cálculo.

11.3.2. Cargas

Para el cálculo de la estructura se utilizan los estados de carga últimos y en servicio obtenidos de las combinaciones de sobrecarga, viento y peso propio de los elementos estructurales y de cerramiento.

Se utilizaron las siguientes cargas:

- CARGAS PERMANENTES (D):

En el modelo de cálculo se ingresa el peso de los elementos modelados mediante la aplicación del comando "self weight", los elementos no modelados como son las correas y las chapas se ingresan como cargas tipo D.

- Chapa trapezoidal T101: 0,0668 kN/m²
- Correas: 0,145 kN/m
- SOBRECARGA MÍNIMA DE CUBIERTA (Lr):

Debido a que la cubierta no es accesible, no tendrá carga de uso. Se considera únicamente la sobrecarga mínima dispuesta en el CIRSOC 101.

- Sobrecarga de la cubierta sistema principal (Lr): 0,58 kN/m²
- Sobrecarga de la cubierta correas (Lr): 0,96 kN/m²
- CARGA DE VIENTO (W):

Tanto la el sistema principal resistente a la fuerza del viento (SPRFV) como sus componentes y revestimientos (C&R), se diseñan para resistir las cargas de viento que se especifican en el Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones – CIRSOC 102.

Para obtener los coeficientes y determinar las cargas se considera la estructura parcialmente cerrada. Por otro lado, al ser $\alpha=9 \leq 10^\circ$, la altura media de cubierta será la altura del alero $h=4,20\text{m}$, siendo un edificio de baja altura.

DATOS DE VIENTO		
UBICACIÓN		Rufino
CATEGORÍA		II
EXPOSICIÓN		C
VELOCIDAD BÁSICA	V	50 m/s
TOPOGRÁFICO	kzt	1
DIRECCIONALIDAD	Kd	0,85
IMPORTANCIA	I	1
FACTOR DE RÁFAGA	G	0,85
INCLINACIÓN CUBIERTA	θ	9
CTE DE EXP. DEL TERRENO	zg	274 m
EXPONENTE α	α	9,5 m
ALT MEDIA CUBIERTA	h	4,20 m
COEF DE PRESIÓN INTERNA	Gcpi	0,55
qH	1.13	kN/m ²

Tabla 11.2. Datos para el cálculo del viento.

La categoría de exposición es C (Terrenos abiertos con obstrucciones dispersas, alturas generalmente menores a 10 metros, incluye campo abierto plano y terrenos agrícolas). Según la naturaleza de la ocupación se clasifica como categoría II, a la cual le corresponde un factor de importancia 1.

La velocidad básica del viento para la localidad de Rufino se extrajo del CIRSOC 102 (Figura 1 A).

Se considera que la estructura es rígida por lo que se adopta el factor de efecto de ráfaga igual a 0,85.

El coeficiente de presión interna se obtiene de la hipótesis de que se trata de una estructura parcialmente cerrada.

VIENTO	W perpendicular a la cumbrera presión	Pared a barlovento	1,03	[Kn/m]
		Pared a sotavento	-6,59	[Kn/m]
		Cubierta a barlovento	-7,74	[Kn/m]
		Cubierta a sotavento	-5,44	[Kn/m]
	W perpendicular a la cumbrera succión	Pared a barlovento	8,46	[Kn/m]
		Pared a sotavento	0,85	[Kn/m]
		Cubierta a barlovento	-0,30	[Kn/m]
		Cubierta a sotavento	1,99	[Kn/m]
	W paralelo a la cumbrera presión	Pared lateral	-7,74	[Kn/m]
		Cubierta	-8,89	[Kn/m]
	W paralelo a la cumbrera succión	Pared lateral	-0,30	[Kn/m]
		Cubierta	-1,45	[Kn/m]

Tabla 11.3. Resumen cargas de viento.

- TEMPERATURA (T):

El efecto de la temperatura se ingresó en el modelo de cálculo como carga tipo "temperature" de 35°.

- COMBINACIONES DE ESTADOS DE CARGAS:

Combinaciones en servicio:

- D+Lr
- D+W
- D+T
- D+0.7(Lr+W)
- D+0.7(W+T)
- D+0.7(Lr+T)
- D+0.6(Lr+W+T)

Combinaciones en estado límite último:

- 1.4D
- 1.2D+0.5Lr+1.2T
- 1.2D+1.6Lr
- 1.2D+1.6Lr+0.8W
- 1.2D+0.5Lr+1.5W
- 0.9D+1.5W

El resumen completo de las cargas introducidas al modelo de cálculo se encuentra en el apartado 3.4 del **Anexo 3**.

11.3.3. Verificaciones en servicio y en estado último.

Se realiza un proceso iterativo en donde se proponen secciones iniciales y se itera en función de los resultados que se obtienen, esto es válido tanto para la estructura principal como los componentes y revestimiento.

11.3.3.1. Componentes y revestimientos

Verificación de la chapa

Los datos de partida son los que se muestran a continuación:

DATOS		
Chapa trapezoidal T 101		
Espesor :	e	0,7 mm
Separación entre correas de techo:	L	1,15/1,3
Paso de la chapa		0,253 m
Peso propio de la chapa:	qd	0,07KN/m ²
Pendiente de cubierta:	Θ	9,00°

Tabla 11.4. Datos de la chapa seleccionada.

Las especificaciones de la chapa se obtienen de los catálogos de SIDERAR según la distancia entre apoyos. Se tienen dos distancias de apoyos, debido a que las correas de la zona central del reticulado poseen una separación mayor de 1.30m con respecto al resto separadas 1.15m.

S entre correas=1.15m	
Q adm de presión	5,26
Q adm de succión	-4,82
S entre correas=1.30m	
Q adm de presión	3,67
Q adm de succión	-3,41

Tabla 11.5. Datos de las chapas.

Verificación de las correas

Se consideran elementos simplemente apoyados con una luz de 6,00 m en las zonas de cubierta y 5,75 en las paredes, frente y contrafrente. Se verifican la capacidad portante y la deformación máxima. Las correas se dimensionan arriostradas al medio mediante tillas.

VERIFICACIÓN CORREAS PARED									
L [cm]		575,00		PERFIL ADOPTADO: C 180x80x30x3,20					
ELS				ELU					
f adm = L / 150 [cm]		3,83		Alternativa arriostrada a chapeado PRESIÓN		Alternativa chapeado SUCCIÓN		Alternativa arriostrado al medio	
f adm = L / 180 [cm]		3,19							
J [cm ⁴]		611,9							
Ancho de influencia [cm]		105,00		Md [kNcm]	1437,99	Md (R=0,65) [kNcm]	-934,69	Md [kNcm]	-1370,22
q [kN/m]		-1,50		Mu [kNcm]	865,69	Mu [kNcm]	-931,72	Mu [kNcm]	-931,72
f = (5/384)(q x L ⁴)/(E x J) [cm]		-1,75		Mu/Md	0,60	Mu/Md	0,997	Mu/Md	0,68
f/fadm	VERIFICA			VERIFICA		VERIFICA		VERIFICA	

Tabla 11.6. Verificación correa pared

VERIFICACIÓN CORREAS TECHO									
L [cm]		600,00		PERFIL ADOPTADO: C 200x80x30x4,75					
ELS				ELU					
f adm = L / 150 [cm]		4,00		Alternativa arriostrada a chapeado PRESIÓN		Alternativa chapeado SUCCIÓN		Alternativa arriostrado al medio	
f adm = L / 180 [cm]		3,33							
J [cm ⁴]		1106,48							
Ancho de influencia [cm]		115,00		Md [kNcm]	2338,13	Md (R=0,65) [kNcm]	-1519,79	Md [kNcm]	-2338,13
q [kN/m]		-2,14		Mu [kNcm]	1243,52	Mu [kNcm]	-1354,98	Mu [kNcm]	-1354,98
f = (5/384)(q x L ⁴)/(E x J) [cm]		1,63		Mu/Md	0,53	Mu/Md	0,580	Mu/Md	0,89
f/fadm	VERIFICA			VERIFICA		VERIFICA		VERIFICA	

Tabla 11.7. Verificación correa techo

11.3.3.2 Sistema principal

El cordón inferior y superior, las diagonales y los montantes de la cabriada se materializan con perfiles L empesillados en T. Como se mencionó anteriormente se modelaron como elementos que trabajan axialmente, por lo que solo están solicitados a tracción y compresión.

Las diagonales se dividen según su longitud en: $L=1.776\text{m}$; $L=1.422\text{m}$; $L=1.653\text{m}$.

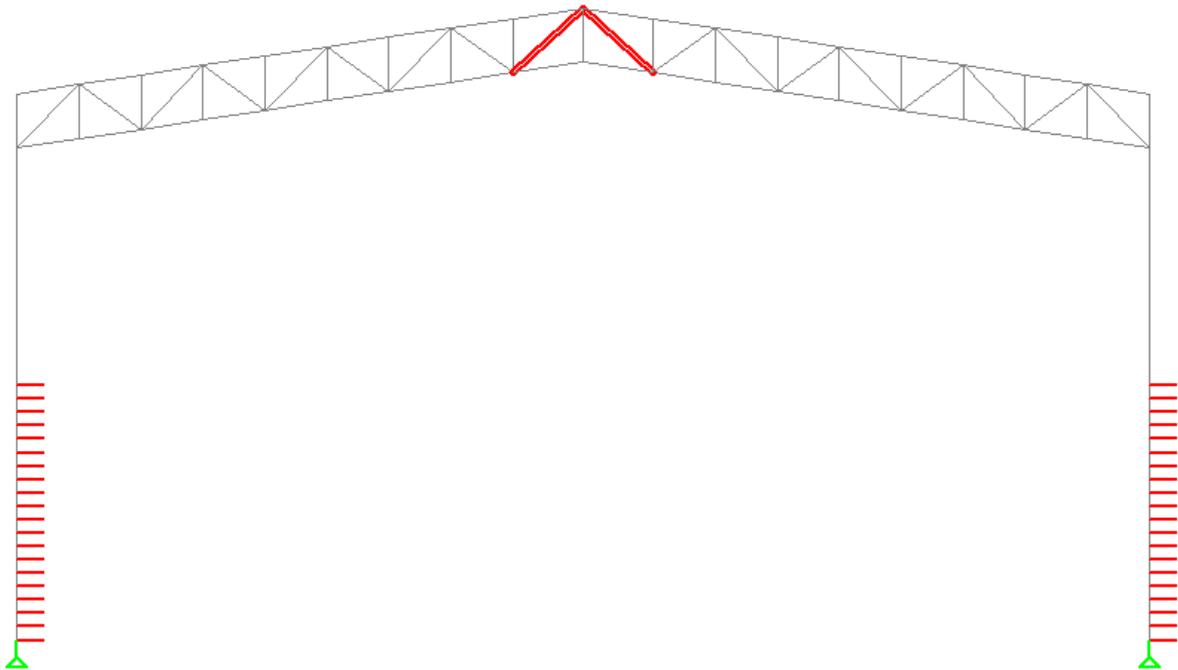


Figura 11.11. Diagonales $L=1.776\text{m}$

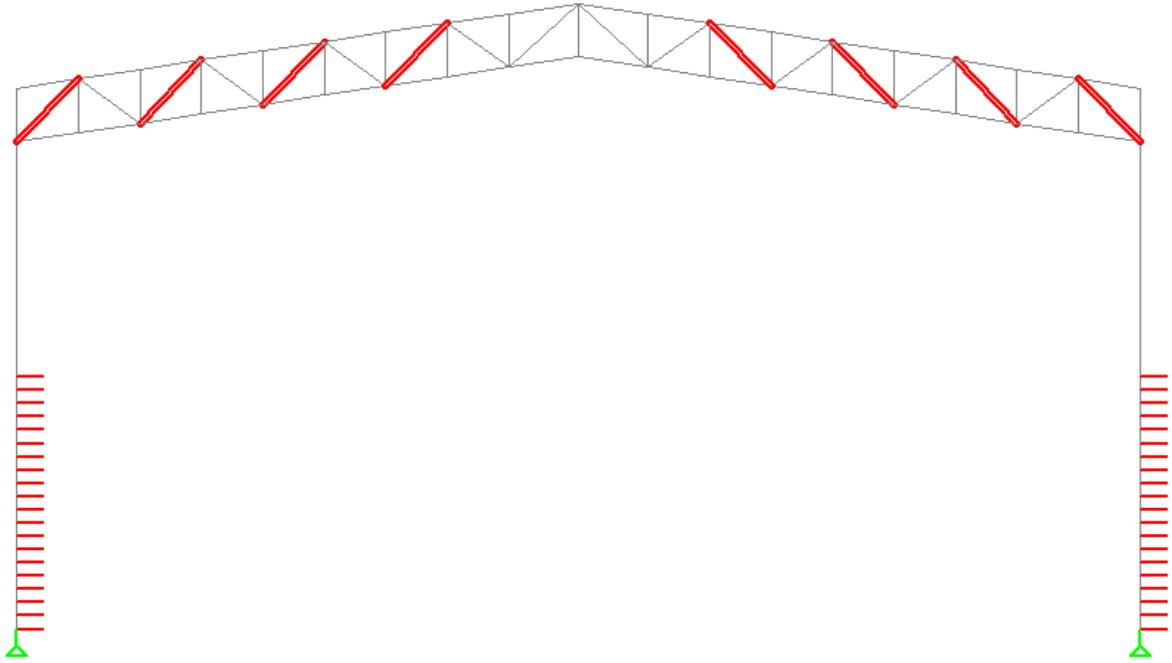


Figura 11.12. Diagonales $L=1.653m$

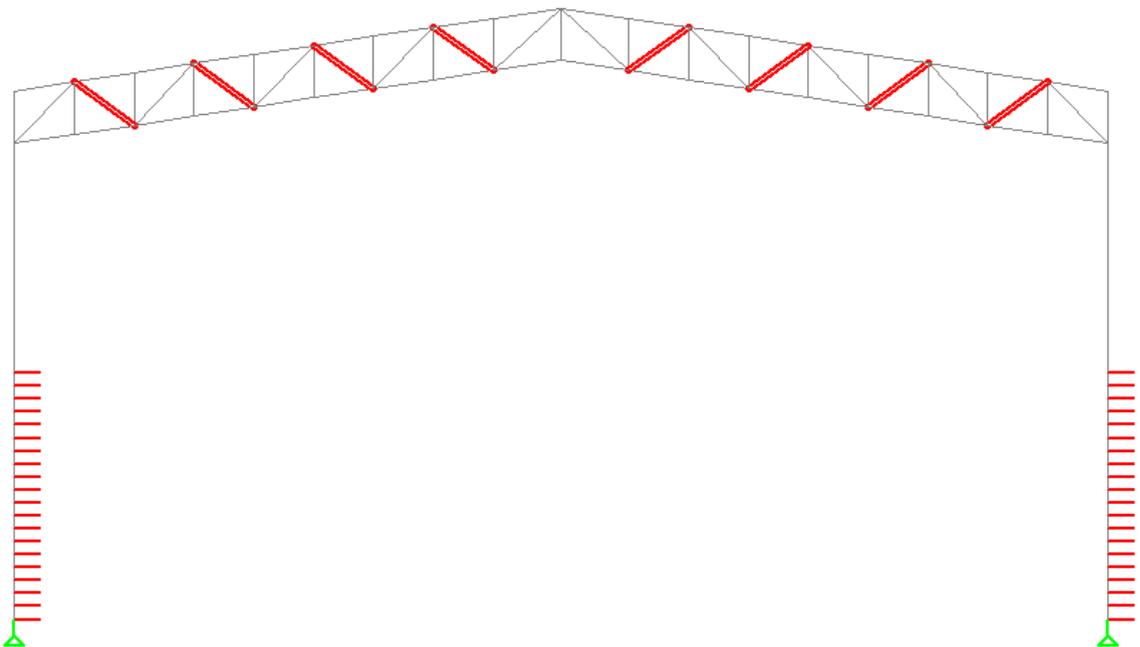


Figura 11.13. Diagonales $L=1.422m$

Por cuestiones constructivas, se decide adoptar lo mismos perfiles para aquellas de longitud $L=1.422m$ y $L=1.653m$ y solo se utilizan perfiles de menores dimensiones para las de $L=1.776m$ correspondientes a la zona central del reticulado.

En la *Tabla 11.8* se resumen los perfiles adoptados y las verificaciones realizadas. En el **Anexo 3**, apartado 3.4, se encuentra el procedimiento de cálculo completo.

Elemento	Sección adoptada	Pandeo local		Pandeo global					Esfuerzos		Resistencias		Verif.
		λ_r	Q	$\lambda_x=kL/r_x$	$\lambda_0=kL/r_y$	λ_m	a/rv	Lb [cm]	Comp. [kN]	Tracc. [kN]	Pu/Pd	Tu/Td	
Cordón superior	L102x9.5	13,13	1	41,8	129,4	129,7	19,5	38	298,8	224,0	0,93	0,28	Verifica
Cordón inferior	L102x9.5	13,13	1	41,8	129,4	129,7	19,5	38	278,0	414,0	0,86	0,53	Verifica
Diagonales centrales	L38x4.8	13,13	1	156,6	94,4	111,7	82,5	59,2	30,8	31,4	0,74	0,21	Verifica
Diagonales laterales	L51x6.4	13,13	1	108,0	68,0	72,5	56,8	55,1	135,4	154,2	0,98	0,59	Verifica
Montantes	L38x4.8	13,13	1	89,2	53,8	57,9	47,0	34	87,7	68,9	0,94	0,47	Verifica

Tabla 11.8. Verificación cabriada.

Verificación de las columnas

Las columnas se encuentran sometidas a esfuerzos axiales, flexión y corte. Se proponen perfiles IPE 330.

Se obtienen los máximos esfuerzos internos del modelo de elementos finitos, los mismos figuran en la *Tabla 11.9*.

Esfuerzos máximos	Load Case	Pu [Kn]	Tu [kN]	Mu [kNcm]	Vu max [kN]	Beam
Máxima compresión	172	91,11	0	9940	89,4	2
Máxima Tracción	225	0	126,98	13700	129	1
Máximo corte	225	7,82	0	12951	129,43	43

Tabla 11.9. Verificación columna.

A continuación se resumen las características del perfil adoptado y las verificaciones correspondientes. En el apartado 3.4 del **Anexo 3** se encuentra el procedimiento de cálculo completo.

Elemento	Sección transversal	Pandeo local			PLT			Pandeo global					
		λ_r ala	λ_r alma	Q	Lp [cm]	Lr [cm]	Lb [cm]	kx	Lx [cm]	ky	Ly [cm]	$\lambda_x=kL/r_x$	$\lambda_y=kL/r_y$
Columna	IPE330	16,34	88,93	1	164,57	379,2	319	1,2	319	1	319	27,92	89,91

Tabla 11.10. Perfil adoptado.

Resistencia flexocompresión		Resistencia flexotracción	
Pu [kN]	91,11	Tu [kN]	126,98
Mu [kNcm]	9940	Mu [kNcm]	13700
ϕ_c	0,85	Φ_t	0,90
ϕ_b	0,90	ϕ_b	0,90
$Pu/(\phi_c P_n)$	0,11	$Tu/(\phi_c T_n)$	0,10
$Pu/(2 \phi_c P_n) + Mu / (\phi_b M_{nx})$	0,64	$Tu/(2 \phi_c T_n) + Mu / (\phi_b M_{nx})$	0,85
Verifica		Verifica	

Tabla 11.11. Verificaciones en estado límite último.

Resistencia al corte	
Vu [kN]	129,43
ϕ_v	0,9
Vn [kN]	32465,25
Vd [kN]	29218,73
Vu/Vd	0,004
Verifica	

Tabla 11.12. Verificaciones en estado límite último.

En cuanto a las combinaciones en servicio, se compara la flecha máxima con la flecha admisible (H/150 y L/200) para deformaciones verticales y horizontales, la cual se obtiene de la Tabla A-L.4.1 del reglamento 301.

Verificación deformaciones									
Pórtico	Dirección	Elemento	Luz/Altura [cm]	Carga Total			Flecha adm [mm]		f<=fadm
				Beam/nodo	Flecha [mm]	Load Case	Carga Total	Viento	
Pórtico Tipo	Vertical	Viga Ret.	2100	6	31,57	27: D+W3	105	-	Verifica
	Horizontal	Columna	319	7	8,97	25: D+W1	22	20	Verifica

Tabla 11.13. Verificación de deformaciones.

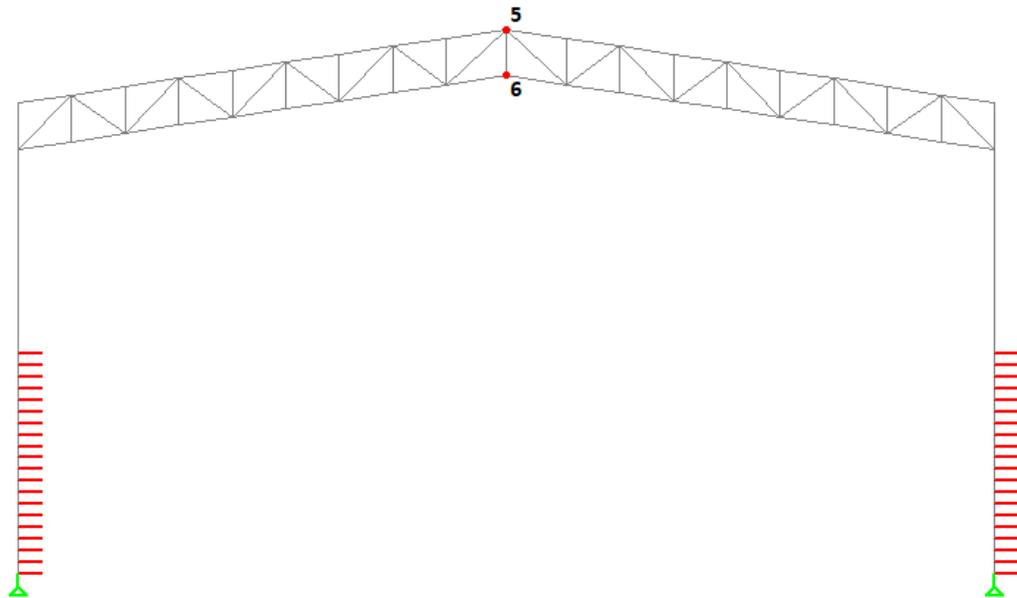


Figura 11.11. Nodos verificados.

11.3.4. Bases

El diseño y el dimensionamiento de las bases metálicas se prevé en el apartado 3.4 del **Anexo 3**.

11.3.5. Fundaciones

Se propone inicialmente pilotes de $\phi=0.80\text{m}$, debido a que se trata de monopilotes que absorben cargas laterales apoyándose sobre el suelo. Otra hipótesis de cálculo es considerar que el primer metro de suelo medido desde el nivel de terreno natural no aporta resistencia, esto se supuso de esta manera debido a que es suelo que suele verse afectado durante la ejecución de la obra pudiendo perder sus características.

Se realiza un proceso iterativo para determinar la longitud de los pilotes, resultando esta de 6m.

Los pilotes correspondientes a columnas opuestas del pórtico tipo se dimensionan de igual manera para evitar errores constructivos en obra.

Se utiliza para la realización de las fundaciones de hormigón tipo H-30 y se aplican las verificaciones correspondientes del CIRSOC 201.

Los pilotes se incorporan en el modelo elementos finitos idealizados como elementos de barras, discretizados cada 25cm, de sección circular de $\phi=0.80\text{m}$. La vinculación de los mismos se realiza mediante apoyos elásticos cuya constante se determina de la siguiente manera:

$$Kr = Kh * hr * \phi$$

Donde:

- h_r : 0.25m
- ϕ : 0.80m
- K_h : coeficiente de balasto por estrato obtenido del estudio de suelo

Se utilizan los valores de balasto horizontal correspondientes al estudio de suelo indicado en el **Anexo 1**.

A continuación, se indica el modelo de cálculo.



Figura 11.12. Modelo de cálculo.

Verificación de tensiones en el suelo

Las verificaciones del suelo se realizan utilizando las combinaciones en servicio.

Se determina la capacidad resistente lateral del suelo utilizando la teoría de Broms para suelos granulares o poco arcillosos.

$$P_{ri} = 3 * P_{phi}$$

$$P_{phi} = \text{empuje pasivo de Rankine}$$

$$P_{phi} = P_{vi} * N\phi_i + 2 * c_i * \sqrt{N\phi_i}$$

$P_v =$ presión vertical efectiva

$$N\phi_i = \tan^2\left(45 + \frac{\phi_i}{2}\right)$$

$c_i =$ cohesión a la profundidad i

$\phi_i =$ fricción a la profundidad i

Se debe verificar la siguiente desigualdad:

$$\frac{P_r}{p} \geq FS$$

Se adopta coeficiente de seguridad=3.

Por otro lado, se verifica que el desplazamiento máximo del pilote en coincidencia con el nivel superior del primer estrato sea inferior a 1 pulgada.

Para determinar la capacidad resistente vertical se considera la resistencia por punta y por fricción en el fuste, utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Carga máxima} = Q_{punta} * A_{pilote} + \sum Q_{fi} * P_{i_{pilote}}$$

En el apartado 3.4 del **Anexo 3** se resumen las verificaciones realizadas.

Se verifica para el pilote 1 debido a que se encuentra más solicitado.

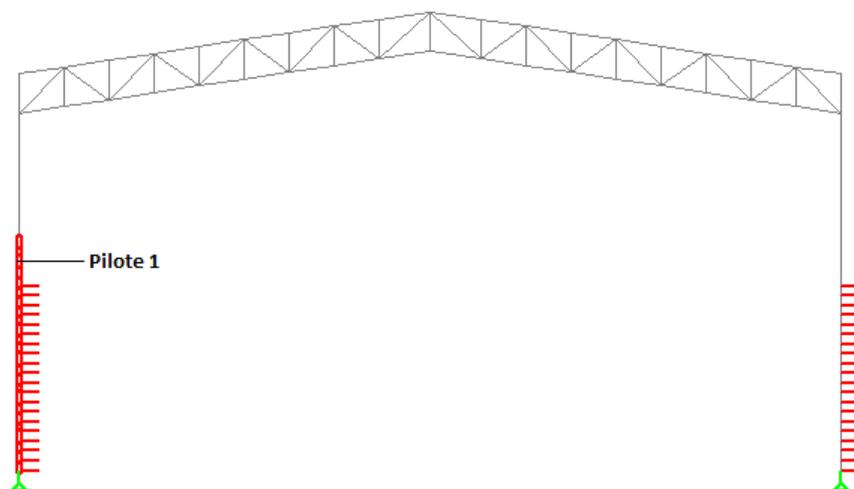


Figura 11.13. Pilote más solicitado

En la tabla se establecen los valores adoptados como resultado del proceso de iteración.

PILOTES	
Φ [cm]	80
CP [cm]	-600
Cap. a compresión [Kn]	819
Cap. a tracción [Kn]	533

Tabla 11.14. Tabla resumen

Dimensionamiento de los pilotes:

Para dimensionar la armadura de los pilotes se utilizan las solicitaciones correspondientes a las combinaciones de carga en estado límite último obtenidas del modelo de Staad Pro. Se utiliza el programa de cálculo CIRSOC DIM en el cual se cargan para cada estado de carga las solicitaciones máximas.

Los pilotes se encuentran solicitados a esfuerzos axiales, flexión y corte, siendo necesaria colocar la armadura correspondiente para absorber los esfuerzos.

En el anexo ya citado se encuentra el cálculo completo y en la *Figura 11.12* se puede observar los resultados arrojados por el programa para el pilote más solicitado.

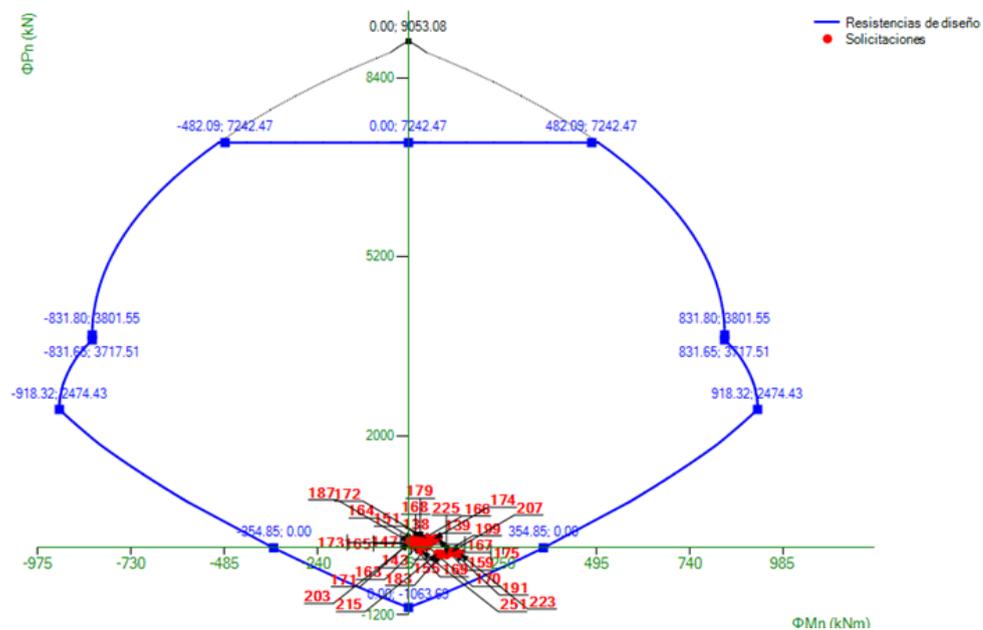


Figura 11.14. Diagrama de interacción Pd-Md pilote.

En la *Figura 11.12* se observa que los puntos rojos correspondientes a las solicitaciones máximas para cada estado de carga se encuentran dentro de la curva de resistencia de diseño.

A continuación, se resume la armadura adoptada:

Pilotes	
Φ [cm]	80
CP [cm]	-600
As vertical	14Φ16
Estribos	1Φ 8c/15

Tabla 11.15. Armadura pilotes

Dimensionamiento de los fustes:

Se prevé la necesidad de colocar fustes para apoyar las columnas metálicas al nivel indicado en el **Plano 12** . Las dimensiones del fuste en planta se determinan para que apoye correctamente la columna, siendo estas de 28x60cm y la altura se propone de 50 cm.

Los esfuerzos internos de los mismos se determinan mediante el programa de elementos finitos y se dimensionan de la misma manera que los pilotes explicitados anteriormente.

En la *Figura 11.13* se indican los resultados que arroja el programa de cálculo.

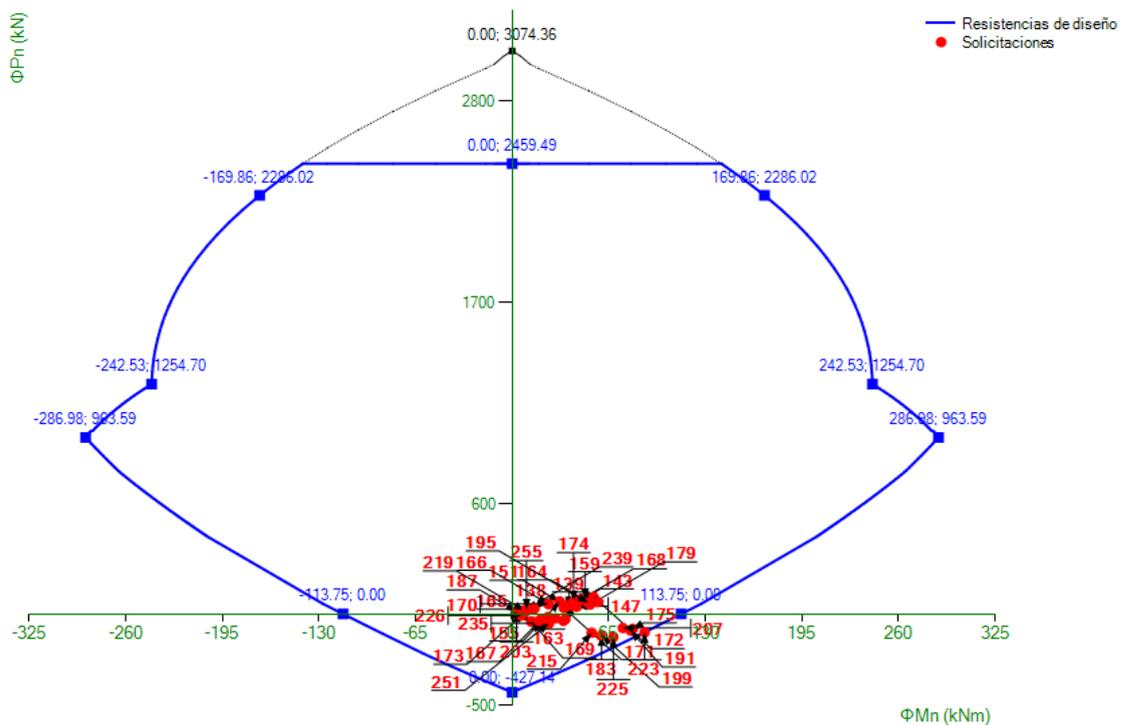


Figura 11.15. Diagrama de interacción Pd-Md fuste.

A continuación, se resumen la armadura adoptada:

Fuste	
Ancho [cm]	28
Largo [cm]	60
Altura [cm]	50
Estribos	1 Φ 6c/19
As vertical	10 Φ 12

Tabla 11.16. Armadura fuste.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente proyecto se desarrollaron diversas áreas, pudiendo integrar los conocimientos incorporados en el transcurso de la carrera de Ingeniería civil. Se realizó un proyecto hidráulico para mejorar la situación de recurrentes anegamientos en el AeroClub, se diseñó y calculó el pavimento de un camino de acceso, pistas, calles de rodaje, y plataforma de pavimento rígido, se ideó la arquitectura de diferentes espacios y se realizó su cálculo estructural, y se incorporó un hangar adicional, también con su diseño y cálculo estructural.

En cuanto al proyecto hidráulico, se considera que dentro de las alternativas analizadas la adoptada resulta la más viable en cuanto a términos económicos y de mantenimiento, y además la más segura para el aterrizaje de los aviones, gracias a la adopción de taludes muy tendidos que se desarrollan desde una distancia prudente a partir de los bordes de las pistas.

Si bien las cunetas proyectadas solucionan las inundaciones producidas en el predio estudiado, no se soluciona este problema a nivel regional. Para ello es necesario que se estudie y se ejecuten obras que verdaderamente den un buen resultado, con intervención del Comité de Cuenca, en torno al crecimiento de la laguna La Picasa.

Por otro lado, la pavimentación de las pistas ayuda al correcto drenaje de las mismas, para que estas sean utilizables el mayor tiempo posible, además de permitir el aterrizaje de aviones de mayor porte que los del AeroClub.

A su vez, se propone reforestar el perímetro norte del aeródromo con eucaliptos. Se selecciona esta especie de árbol ya que consume una gran cantidad de agua, y frente a precipitaciones contribuiría a un menor escurrimiento superficial, colaborando con la problemática de anegamiento del terreno.

A estas medidas se suma el diseño espacios de recreación, usos múltiples y administración, aprovechando las estructuras existentes, y la creación de un espacio adecuado para dictar clases de vuelo y de un hangar adicional para darle al establecimiento la posibilidad de adquirir nuevas aeronaves a futuro. Todos estos factores contribuyen al enriquecimiento, desarrollo y crecimiento del AeroClub, apuntando a que el mismo se vuelva punto de reunión de la comunidad de Rufino y alrededores. Aplicando estas propuestas el establecimiento puede tornarse un verdadero atractivo de la ciudad.

Debe considerarse en torno al proyecto hidráulico que se desconocen las condiciones, pendientes y secciones de las cunetas de la Ruta Nacional N°7, la Ex-Ruta Nacional N°7 y del canal adyacente (límite oeste de la cuenca, observable en la *Figura 5.4*) a la cuenca en estudio. Se recomienda realizar un estudio más amplio de la zona, evaluando dichas secciones y si hay alguna obra de arte aguas arriba que genere alguna obstrucción. Esto queda fuera del alcance de nuestro proyecto, por no contar con los medios ni tiempos.

Si bien se contó con tres estudios de suelos, ninguno se ubicó en el sector en estudio. Los estudios de suelo fueron realizados en un campo a unos pocos kilómetros del AeroClub y en otros puntos cercanos al mismo. Por lo tanto es recomendable una adecuación de estos datos, realizando un propio estudio local que brinde una mayor precisión a la hora de ejecutar las propuestas de pavimentación y estructuras de los espacios de administración, usos múltiples y aulario.

Desde el punto de vista ambiental, dado que dentro del predio se cuenta con hangares de empresas privadas de aeroplataformas, se recomienda pavimentar las inmediaciones de los mismos con materiales adecuados para estar en contacto con productos fitosanitarios, a los fines de tener una mayor zona impermeable a la hora de trabajar con dichos agroquímicos. El diseño y cálculo estructural de este pavimento no hace a los fines del proyecto, ya que se está trabajando sobre el AeroClub de Rufino y, si bien estos hangares se encuentran dentro del aeródromo, no forman parte del AeroClub.

Por otra parte, se recomienda llevar adelante un esquema de rotación de cultivos de soja y vicia, para mejorar la absorción y retención del agua en el suelo, brindar nutrientes al cultivo principal y proteger la superficie de la erosión hídrica. Se presenta como una recomendación, pues actualmente la ANAC sólo permite el cultivo de soja y trigo dentro del predio.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Plan Estratégico de Desarrollo Rufino 2016.
- Diseño de Aeródromos. Regulaciones Argentinas de Aviación Civil parte 154. Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC)
- CIRCULAR TÉCNICA N°: 153-003- ANAC
- Manual de Aeródromos y Helipuertos (ANAC).
- Manual de diseño de aeródromos. Parte 1. Pistas. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
- Manual de diseño de aeródromos. Parte 3. Pavimentos. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
- GeoInta. Mapa de cultivos de verano 2021.
- Diseño y cálculo preliminar de un sistema de drenaje del área de maniobras de un aeropuerto. Antonio José Díaz García. Dpto. de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- Intersecciones. Vialidad especial. Ing. Analía Luque.
- <https://intainforma.inta.gob.ar/cultivos-de-cobertura-herramienta-para-proteger-los-suelos/>
- <https://sur24.com.ar/2021/10/el-aeroclub-de-rufino-invito-a-volar-en-el-fin-de-semana-largo/>
- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Orsolini, H. E., Zimmermann, E. D., & Basile, P. A. (2017). Hidrología - Procesos y Métodos. Rosario: UNR Editora.
- Catálogo ACO Productos Polímeros S.A.U. Disponible en: <https://www.aco.es/es>.
- ICPA. Instituto del Cemento Portland Argentino. <https://web1.icpa.org.ar/>

14. ANEXOS

1. ESTUDIO DE SUELOS

2. NIVELACIÓN

3. MEMORIAS DE CÁLCULO

3.1 Cálculo hidráulico

3.2 Cálculo estructural barracas

3.3 Cálculo estructural aulario

3.4 Cálculo estructural hangar

4. AYUDAS VISUALES A LA NAVEGACIÓN

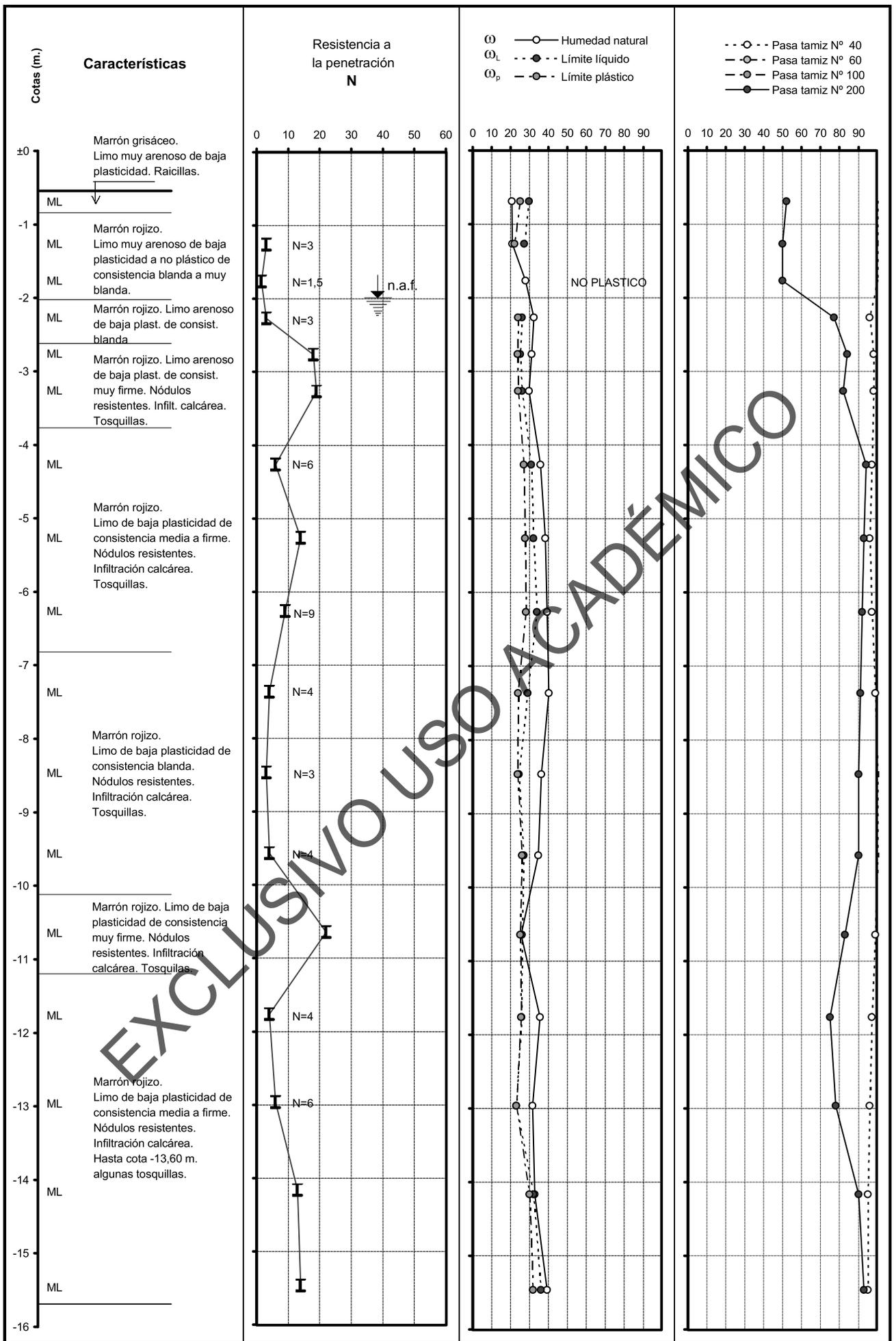
5. MOVIMIENTO DE SUELOS Y CÓMPUTO

6. FOTOGRAFÍAS

7. PLANOS

8. ALTERNATIVA DE ORDENAMIENTO HIDRÁULICO DESCARTADA

1. ESTUDIOS DE SUELOS



Cotas (m.)

Boca: -0,54 m. Fondo: -15,69 m.

Napa: -1,99 m.

Perforación nº: P1





Cotas (m.)

Boca: -0,87 m. Fondo: -7,02 m.

Napa: -1,77 m.

Perforación nº : P4



Cotas (m.)

Boca: -0,99 m. Fondo: -7,14 m.

Napa: -1,74 m.

Perforación n°: P5



Cotas (m.)

Boca: -0,76 m. Fondo: -6,91 m.

Napa: -1,61 m.

Perforación n°: P6



Profundidad respecto boca de pozo [m]	Tensión admisible bases aisladas [kg/cm ²]	Tensión admisible zapata continua [kg/cm ²]	Coefficiente de balasto [kg/cm ³]
-1,50 m	1,30	1,10	3,50
-2,00 m	1,70	-	3,80
-3,00 m	1,10	-	3,20
-4,00 m	1,20	-	5,00

Profundidad [m]	Capacidad por fricción lateral [t/m ²]	Capacidad por punta [t/m ²]
-0,30 a	0,30	2,63
-1,20 a	0,88	16,14
-4,50 a	1,64	27,30
-6,00 a	3,46	27,30 a 71,34
-8,00		

INFORME ESTUDIO GEOTÉCNICO

1. OBJETO DEL ESTUDIO

Estudiar las características de los suelos, desde el punto de vista geotécnico, en el lugar de emplazamiento de la obra.

Determinar tipos de fundación aconsejables, sus características generales y análisis de alternativas.

Proveer datos de diseño necesarios para el proyecto y dimensionamiento de los tipos de fundación.

Recomendar detalles constructivos adaptados a las condiciones del suelo.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

Se trata de una canalización, en donde se ubican varias alcantarillas, cuyas características hidráulicas y estructurales (luz total, luces parciales, cota rasante, cota fondo de cauce, cota socavación, tipo, etc.) no están definidas a la fecha.

3. TRABAJOS REALIZADOS

a) Campaña

Se efectuaron cuatro perforaciones, identificadas como P₁ a P₄, cuya ubicación se aprecia en el croquis adjunto, de 4 a 6.-m. de profundidad, como se desprende de las planillas respectivas.

En cada perforación se efectuaron ensayos de Penetración normalizada (S.P.T.) metro a metro mediante la hincas de un sacamuestras de zapata intercambiable tipo Moretto, con el que se recuperaron testigos indisturbados, a efectos de evaluar los parámetros de corte de los estratos y su capacidad resistente.

Se obtuvieron además muestras alteradas a efectos de reconstruir la secuencia estratigráfica, mediante ensayos de identificación física.

Los niveles de boca de las perforaciones no están referidos a un punto fijo arbitrario en común, dada la equidistancia entre sondeos. También se controló el nivel instantáneo de agua subterránea.

b) Laboratorio

Ensayo de las muestras extraídas para la determinación de las siguientes características físicas:

- Límites de Atterberg LL-LP (s/normas IRAM 10501/68 y 10502/68)
- Humedad natural
- Granulometría (vía húmeda)
- Lavado sobre Tamiz No. 200 (s/norma IRAM 10507/69)
- Densidad seca y húmeda
- Ensayos de compresión triaxial rápidos no drenados escalonados (UU), a fin determinar los valores de cohesión y ángulo de fricción interna ϕ .

Todos los ensayos en el terreno y laboratorio se encuentran representados en las planillas correspondientes a cada uno de los sondeos.

En ellos se detallan además los perfiles geotécnicos y la clasificación de los suelos en el Sistema SUCS, destacando el número de golpes **N** del ensayo de Penetración normalizado, correspondiente a los últimos 30 cm. de un segmento total de 45 cm.

4. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL GEOTÉCNICO

Se analizarán perfiles geotécnicos por separado, debido de la distancia entre sondeos.

Sondeo P1

Estrato	Profundidad (m.)	Tipo de suelo	Color	Plasticidad		Densificación	
				Estado	%	Estado	N
E-1	±0,00 a – 2,00	Arcillas limosas (CL-ML) y arcillas magras (CL)	Castaño	Baja	7 a 11	Media a compacta	8 a 10
E-2	-2,00 a – 3,00	Arcillas magras (CL)	Castaño	Baja	12	Muy compacta	27
E-3	-3,00 a - 5,00	Limos magros (ML)	Castaño	Baja	5 a 4	Muy compacta	18 a 19

Sondeo P2

Estrato	Profundidad (m.)	Tipo de suelo	Color	Plasticidad		Densificación	
				Estado	%	Estado	N
E-1	±0,00 a – 1,00	Limos magros (ML)	Castaño oscuro	Baja	9	Media	7
E-2	-1,00 a – 3,00	Arcillas limosas (CL-ML) y arcillas magras (CL)	Castaño claro y castaño	Baja	5 a 14	Media	5
E-3	-3,00 a - 4,00	Arcillas magras (CL)	Castaño	Baja	11	Muy compacta	27

Sondeo P3

Estrato	Profundidad (m.)	Tipo de suelo	Color	Plasticidad		Densificación	
				Estado	%	Estado	N
E-1	±0,00 a – 2,00	Arcillas limosas (CL-ML) y limos magros (ML)	Castaño	Baja	7 a 3	Blanda a compacta	2 a 10
E-2	-2,00 a – 4,00	Arcillas limosas (CL-ML)	Castaño	Baja	5 a 6	Media	5 a 4
E-3	-4,00 a - 5,00	Limos magros (ML)	Verdoso	Baja	4	Dura	34

Sondeo P4

Estrato	Profundidad (m.)	Tipo de suelo	Color	Plasticidad		Densificación	
				Estado	%	Estado	N
E-1	±0,00 a – 1,00	Arcillas magras (CL)	Castaño	Baja	7	Compacta	9
E-2	-1,00 a – 3,00	Limos magros (MH) y arcillas limosas (CL-ML)	Castaño oscuro y castaño	Nula a baja	NP a 5	Baja a media	3 a 5
E-3	-3,00 a – 5,00	Limos magros (MH) y arcillas limosas (CL-ML)	Castaño	Nula a baja	NP a 6	Compacta a media	8 a 4
E-4	-5,00 a - 6,00	Limos magros (ML)	Castaño	Baja	4	Muy compacta	24

- El nivel de agua subterránea fue detectado a las siguientes profundidades en los distintos sondeos, se desconoce su altura máxima y/o niveles de variación, en vistas a la naturaleza del estudio realizado.

Sondeos	P1	P2	P3	P4
Nivel freático [m.]	1,10	1,70	0,85	0,50

5. CONCLUSIONES

El perfil geotécnico es apto para la fundación de la obra proyectada.

Seprevén algunas dificultades operativas durante las excavaciones, por la presencia de suelos blandos, con lo cual se tendrán en cuenta las consideraciones relacionadas con la entibación de paredes y fondo, para garantizar la estabilidad de las mismas.

La existencia de nivel freático a escasa profundidad, obliga a tomar las precauciones correspondientes, con un adecuado sistema de depresión de napa de gran capacidad.

6. RECOMENDACIONES

En base a las características generales de la obra a ejecutar y a las demás consideraciones precedentes, se estiman aconsejables las siguientes recomendaciones:

Recomendaciones particulares:

Se consideran los siguientes datos de diseño:

– Profundidades de fundación, tensiones admisibles y coeficientes de balasto:

Sondeo P1

Estrato	Profundidad [m.]	N	Tensiones admisibles [Kg/cm ²]		Coeficiente de balasto [Kg/cm ³]	
			Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	±0,00 a -2,00	9	1,00	0,80	3,00	2,80
2	-2,00 a -3,00	27	2,90	2,70	5,10	4,90
3	-3,00 a -5,00	18	2,00	1,80	3,80	3,60

Sondeo P2

Estrato	Profundidad [m.]	N	Tensiones admisibles [Kg/cm ²]		Coeficiente de balasto [Kg/cm ³]	
			Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	±0,00 a -1,00	7	0,90	0,70	2,60	2,10
2	-1,00 a -3,00	5	0,70	0,50	2,20	1,80
3	-3,00 a -4,00	27	2,90	2,70	5,10	4,90

Sondeo P3

Estrato	Profundidad [m.]	N	Tensiones admisibles [Kg/cm ²]		Coeficiente de balasto [Kg/cm ³]	
			Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	±0,00 a -2,00	6	0,80	0,60	2,50	2,00
2	-2,00 a -4,00	4	0,60	0,40	2,00	1,60
3	-4,00 a -5,00	34	3,60	3,40	5,30	5,00

Sondeo P4

Estrato	Profundidad [m.]	N	Tensiones admisibles [Kg/cm ²]		Coeficiente de balasto [Kg/cm ³]	
			Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	±0,00 a -1,00	9	0,80	0,70	3,00	2,80
2	-1,00 a -3,00	4	0,60	0,40	2,00	1,60
3	-3,00 a -5,00	6	0,80	0,60	2,50	2,00
4	-5,00 a -6,00	24	2,60	2,40	4,60	4,40

Recomendaciones generales.

- En los procesos ejecutivos se procurará que acopios de tierras permanezcan tiempos mínimos posibles en las inmediaciones de las excavaciones.

- La presencia de arena determina la necesidad de prever precauciones para asegurar la estabilidad de las paredes y el fondo de la excavación, tales como tablestacado, entibaciones o apuntalamientos de diverso tipo.
- Se deberán prever equipos de depresión y bombeo de gran capacidad para el trabajo con la napa deprimida por debajo de la cota de fondo.
- Deben extremarse los recaudos en el proyecto de los sistemas de impermeabilización de las instalaciones enterradas, garantizando su impermeabilización con el uso de geomembranas, asfalto o aditivos en las paredes y fondo de hormigón.
- Además deben cuidarse los recubrimientos de armaduras, calidad del hormigón, procedimientos de colocación y curado para evitar fisuramientos por contracción y retracción, otro.
- Se recomienda limpiar, compactar mecánicamente y nivelar el fondo de excavaciones previo a la ejecución de las fundaciones.
- Efectuar un "piso" de hormigón pobre o de limpieza bien compactado, previamente a la colocación de armaduras y posterior hormigonado.
- Se prohíbe expresamente la inundación de las excavaciones rellenas e incluso debe evitarse la infiltración de agua de lluvia o de cualquier origen luego de finalizado el relleno.
- Se recomienda estudiar las condiciones de drenaje necesarias para facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales e impedir su infiltración debajo de las fundaciones.

7. ACLARACIONES

Los alcances del presente estudio se limitan al terreno (en las condiciones existentes) y las obras indicadas en -2-, a los objetivos requeridos en -1- y durante un tiempo razonable para el inicio y finalización de las obras correspondientes.

Variaciones en tales puntos que requieran reconsideraciones o ampliaciones serán analizadas en informes técnicos complementarios o nuevos estudios a convenir oportunamente con quién corresponda.

Perforación P03											Nivel Freático (m): (-) 0,50										
Prof. m	Cota m	Clasif.	Descripción	Color	Granulometría				Hum. Nat. w %	Límites de Atterberg			Ensayo Penetración				Densidades		Ensayo triaxial		Observaciones
					% PT 4	% PT 10	% PT 40	% PT 200		L.L. %	L.P. %	I.P. %	Resist. Penetr.	Penetr. (cm)	Resist. Penetr.	Penetr. (cm)	γnat. t/m3	γseca t/m3	C Kg/cm²	φ °	
0,50	-0,50		Suelo arcilloso.	Castaño oscuro.																	
1,00	-1,00	CL-ML	Limo arcilloso magro, blando.	Castaño.	100	100	100	96	34,0	26,6	19,9	6,7	2	30	2	30	1,842	1,375			Saturado.
1,50	-1,50																				
2,00	-2,00	ML	Limo magro, compacto.	Castaño.	100	100	100	79	30,4	24,4	21,4	3,0	10	30	10	30	1,842	1,412			Con algo de arena. Saturado.
2,50	-2,50																				
3,00	-3,00	CL-ML	Limo arcilloso magro, medianamente compacto.	Castaño.	100	100	100	87	30,3	23,1	18,5	4,6	5	30	5	30	1,830	1,405			Saturado.
3,50	-3,50																				
4,00	-4,00	CL-ML	Limo arcilloso magro, blando.	Castaño.	100	97	95	88	32,8	25,9	20,0	5,9	4	30	4	30	1,873	1,411			Algunos calcáreos dispersos. Saturado
4,20	-4,20		Suelo limoso.	Verdoso.																	Descripción de campo. Sin recuperación de muestra.
5,00	-5,00	ML	Limo magro, duro.	Verdoso.	100	100	100	88	47,1	25,9	21,7	4,2	34	30	34	30	1,891	1,286			Saturado.
5,50	-5,50																				
6,00	-6,00																				

Perforación P04											Nivel Freático (m): (-) 1,70										
Prof. m	Cota m	Clasif.	Descripción	Color	Granulometría				Hum. Nat. w %	Límites de Atterberg			Ensayo Penetración				Densidades		Ensayo triaxial		Observaciones
					% PT 4	% PT 10	% PT 40	% PT 200		L.L. %	L.P. %	I.P. %	Resist. Penetr.	Penetr. (cm)	Resist. Penetr.	Penetr. (cm)	γnat. t/m3	γseca t/m3	C Kg/cm²	φ °	
0,50	-0,50																				
1,00	-1,00	CL	Arcilla magra, compacto.	Castaño.	100	100	100	83	24,4	26,1	19,0	7,1	9	30	9	30	1,934	1,555			
1,50	-1,50																				
2,00	-2,00	ML	Limo magro, blando.	Castaño oscuro.	100	100	100	57	28,6			NP	3	30	3	30	1,965	1,528			Con arena. Saturado.
2,50	-2,50																				
3,00	-3,00	CL-ML	Limo arcilloso magro, medianamente compacto.	Castaño.	100	100	100	81	24,1	24,8	20,1	4,7	5	30	5	30	2,021	1,629			Saturado.
3,50	-3,50																				
4,00	-4,00	ML	Limo magro, medianamente compacto.	Castaño.	100	100	100	58	27,3			NP	8	30	8	30	1,984	1,558			Con arena. Saturado.
4,50	-4,50																				
5,00	-5,00	CL-ML	Limo arcilloso magro, blando.	Castaño.	96	94	91	76	30,0	28,4	22,0	6,4	4	30	4	30	1,947	1,497			Con calcáreos. Saturado.
5,50	-5,50																				
6,00	-6,00	ML	Limo magro, muy compacto.	Castaño.	100	100	99	76	31,4	25,9	21,6	4,3	24	30	24	30	1,904	1,449			Con algo de arena y trozos cementados. Saturado.

2. NIVELACIÓN

NIVELACIÓN EN EL EJE

COTA PTO FIJO [m]		10														
Punto estación	Punto visado	Lectura atrás [dm]			Lectura adelante [dm]			Control hm [cm]	Dist. Parcial [m]	Dist. entre puntos [m]	delta H obs [m]	delta H corr [m]	Cotas corr. [m]	Nombre del punto	Cotas corr. prom [m]	Nombre del punto
		hi	hm med	hs	hi	hm med	hs									
E1	A	11,95	12,42	12,95	-	-	-	0,30	10,00	17,60	0,293	0,293	9,707	A atrás	9,711	A
	Pto fijo	-	-	-	9,14	9,49	9,90	0,30	7,60							
E1'	Pto fijo	9,18	9,60	10,30	-	-	-	1,40	11,20	17,40	-0,285	-0,285	9,715	A adelante		
	A	-	-	-	12,25	12,45	12,87	1,10	6,20							
E2	Pto fijo	8,20	9,45	10,65	-	-	-	0,25	24,50	51,00	-0,465	-0,465	9,535	B adelante	9,543	B
	B	-	-	-	12,75	14,10	15,40	0,25	26,50							
E2'	B	12,60	13,89	15,20	-	-	-	0,10	26,00	51,00	0,449	0,449	9,551	B atrás		
	Pto fijo	-	-	-	8,15	9,40	10,65	0,00	25,00							
E3	B	13,10	14,50	15,90	-	-	-	0,00	28,00	58,50	0,022	0,022	9,565	C adelante	9,568	C
	C	-	-	-	12,75	14,28	15,80	0,05	30,50							
E3'	C	12,79	14,32	15,85	-	-	-	0,00	30,60	58,60	-0,028	-0,028	9,571	C atrás		
	B	-	-	-	13,20	14,60	16,00	0,00	28,00							
E4	C	13,75	15,05	16,30	-	-	-	0,25	25,50	50,00	0,160	0,160	9,728	D adelante	9,726	D
	D	-	-	-	12,20	13,45	14,65	0,25	24,50							
E4'	D	12,28	13,55	14,78	-	-	-	0,20	25,00	50,30	-0,155	-0,155	9,723	D atrás		
	C	-	-	-	13,82	15,10	16,35	0,15	25,30							
E5	D	15,00	16,30	17,40	-	-	-	1,00	24,00	70,00	0,420	0,420	10,145	E adelante	10,143	E
	E	-	-	-	9,70	12,10	14,30	1,00	46,00							
E5'	E	9,75	12,05	14,32	-	-	-	0,15	45,70	70,00	-0,415	-0,415	10,141	E atrás		
	D	-	-	-	14,92	16,20	17,35	0,65	24,30							
E6	E	14,70	16,60	18,50	-	-	-	0,00	38,00	64,00	0,210	0,210	10,353	F adelante	10,352	F
	F	-	-	-	13,20	14,50	15,80	0,00	26,00							
E6'	F	13,12	14,42	15,75	-	-	-	0,15	26,30	64,10	-0,208	-0,208	10,351	F atrás		
	E	-	-	-	14,62	16,50	18,40	0,10	37,80							
E7	F	11,90	14,30	16,85	-	-	-	0,75	49,50	99,50	-0,125	-0,125	10,227	G adelante	10,230	G
	G	-	-	-	13,00	15,55	18,00	0,50	50,00							
E7'	G	13,10	15,60	18,12	-	-	-	0,10	50,20	99,40	0,120	0,120	10,232	G atrás		
	F	-	-	-	11,96	14,40	16,88	0,20	49,20							
E8	G	12,10	13,20	14,32	-	-	-	0,10	22,20	50,40	-0,090	-0,090	10,139	H adelante	10,142	H
	H	-	-	-	12,68	14,10	15,50	0,10	28,20							
E8'	H	12,75	14,13	15,55	-	-	-	0,20	28,00	50,50	0,086	0,086	10,144	H atrás		
	G	-	-	-	12,15	13,27	14,40	0,05	22,50							
E9	H	12,60	14,50	16,25	-	-	-	0,75	36,50	87,50	-0,010	-0,010	10,131	I adelante	10,130	I
	I	-	-	-	12,10	14,60	17,20	0,50	51,00							
E9'	I	12,13	14,70	17,25	-	-	-	0,10	51,20	87,20	0,014	0,014	10,128	I atrás		
	H	-	-	-	12,70	14,56	16,30	0,60	36,00							
E10	I	13,10	14,55	15,85	-	-	-	0,75	27,50	50,50	0,000	0,000	10,129	J adelante	10,131	J
	J	-	-	-	13,40	14,55	15,70	0,00	23,00							
E10'	J	13,45	14,60	15,78	-	-	-	0,15	23,30	50,30	-0,003	-0,003	10,133	J atrás		
	I	-	-	-	13,20	14,63	15,90	0,80	27,00							
E11	J	12,30	14,80	17,30	-	-	-	0,00	50,00	99,00	0,015	0,015	10,146	K adelante	10,144	K
	K	-	-	-	12,20	14,65	17,10	0,00	49,00							
E11'	K	12,15	14,60	17,03	-	-	-	0,10	48,80	98,90	-0,012	-0,012	10,143	K atrás		
	J	-	-	-	12,24	14,72	17,25	0,25	50,10							

E12	K	11,70	14,25	16,80	-	-	-	0,00	51,00	101,00	-0,215	-0,215	9,929	L adelante	9,928	L
	L	-	-	-	13,90	16,40	18,90	0,00	50,00							
E12'	L	13,95	16,48	18,96	-	-	-	0,25	50,10	101,60	0,218	0,218	9,927	L atrás		
	K	-	-	-	11,75	14,30	16,90	0,25	51,50							
E13	L	13,40	15,90	18,40	-	-	-	0,00	50,00	99,00	0,140	0,140	10,068	M adelante	10,064	M
	M	-	-	-	12,10	14,50	17,00	0,50	49,00							
E13'	M	12,18	14,62	17,05	-	-	-	0,00	48,70	99,20	-0,131	-0,131	10,059	M atrás		
	L	-	-	-	13,40	15,93	18,45	0,00	50,50							
E14	I	/	15,40	/	-	-	-	-	50,00	88,00	0,120	0,120	10,249	N adelante	10,252	N
	N	-	-	-	12,25	14,20	16,05	0,50	38,00							
E14'	N	12,32	14,26	16,10	-	-	-	0,50	37,80	87,80	-0,124	-0,124	10,254	N atrás		
	I	-	-	-	/	15,50	/	-	50,00							
E15	N	/	14,75	/	-	-	-	-	50,00	100,00	-0,015	-0,015	10,236	O adelante	10,236	O
	O	-	-	-	12,40	14,90	17,40	0,00	50,00							
E15'	O	12,42	14,96	17,45	-	-	-	0,25	50,30	100,30	0,016	0,016	10,236	O atrás		
	N	-	-	-	/	14,80	/	-	50,00							
E16	O	12,10	14,60	17,10	-	-	-	0,00	50,00	99,00	-0,070	-0,070	10,166	P adelante	10,168	P
	P	-	-	-	12,80	15,30	17,70	0,50	49,00							
E16'	P	12,85	15,32	17,70	-	-	-	0,45	48,50	98,80	0,067	0,067	10,169	P atrás		
	O	-	-	-	12,15	14,65	17,18	0,15	50,30							
E17	P	10,80	13,40	16,00	-	-	-	0,00	52,00	104,50	-0,095	-0,095	10,072	Q adelante	10,070	Q
	Q	-	-	-	11,75	14,35	17,00	0,25	52,50							
E17'	Q	11,82	14,45	17,10	-	-	-	0,10	52,80	105,10	0,100	0,100	10,068	Q atrás		
	P	-	-	-	10,82	13,45	16,05	0,15	52,30							
E18	Q	11,60	14,25	16,90	-	-	-	0,00	53,00	101,50	-0,090	-0,090	9,980	R adelante	9,981	R
	R	-	-	-	12,70	15,15	17,55	0,25	48,50							
E18'	R	12,75	15,18	17,62	-	-	-	0,05	48,70	101,50	0,088	0,088	9,982	R atrás		
	Q	-	-	-	11,65	14,30	16,93	0,10	52,80							
E19	R	11,75	14,20	16,60	-	-	-	0,25	48,50	97,50	-0,065	-0,065	9,916	S adelante	9,915	S
	S	-	-	-	12,40	14,85	17,30	0,00	49,00							
E19'	S	12,42	14,90	17,35	-	-	-	0,15	49,30	98,00	0,068	0,068	9,913	S atrás		
	R	-	-	-	11,78	14,22	16,65	0,05	48,70							
E20	S	12,80	14,30	15,90	-	-	-	0,50	31,00	61,00	-0,100	-0,100	9,814	T adelante	9,817	T
	T	-	-	-	13,80	15,30	16,80	0,00	30,00							
E20'	T	13,85	15,35	16,90	-	-	-	0,25	30,50	61,00	0,095	0,095	9,820	T atrás		
	S	-	-	-	12,85	14,40	15,90	0,25	30,50							
E21	T	12,20	13,60	15,10	-	-	-	0,50	29,00	50,40	-0,085	-0,085	9,732	U adelante	9,731	U
	U	-	-	-	13,38	14,45	15,52	0,00	21,40							
E21'	U	13,45	14,50	15,55	-	-	-	0,00	21,00	49,70	0,087	0,087	9,730	U atrás		
	T	-	-	-	12,25	13,63	15,12	0,55	28,70							
E22	U	12,00	14,50	17,10	-	-	-	0,50	51,00	101,00	0,010	0,010	9,741	V adelante	9,743	V
	V	-	-	-	11,90	14,40	16,90	0,00	50,00							
E22'	V	11,95	14,45	16,92	-	-	-	0,15	49,70	100,20	-0,015	-0,015	9,746	V atrás		
	U	-	-	-	12,10	14,60	17,15	0,25	50,50							
E23	V	13,40	15,90	18,30	-	-	-	0,50	49,00	99,00	0,220	0,220	9,963	W adelante	9,962	W
	W	-	-	-	11,20	13,70	16,20	0,00	50,00							
E23'	W	11,25	13,75	16,20	-	-	-	0,25	49,50	98,60	-0,217	-0,217	9,961	W atrás		
	V	-	-	-	13,45	15,92	18,36	0,15	49,10							

E24	W	12,05	14,60	17,10	-	-	-	0,25	50,50	100,50	-0,100	-0,100	9,862	X adelante	9,861	X
	X	-	-	-	13,10	15,60	18,10	0,00	50,00							
E24'	X	13,17	15,65	18,15	-	-	-	0,10	49,80	100,20	0,102	0,102	9,860	X atrás		
	W	-	-	-	12,08	14,63	17,12	0,30	50,40							
E25	T	13,85	15,25	16,60	-	-	-	0,25	27,50	49,70	0,075	0,075	9,892	Y adelante	9,889	Y
	Y	-	-	-	13,37	14,50	15,59	0,20	22,20							
E25'	Y	13,47	14,60	15,70	-	-	-	0,15	22,30	50,30	-0,068	-0,068	9,885	Y atrás		
	T	-	-	-	13,88	15,28	16,68	0,00	28,00							
E26	Y	15,40	17,85	20,40	-	-	-	0,50	50,00	100,80	0,390	0,390	10,278	Z adelante	10,281	Z
	Z	-	-	-	11,42	13,95	16,50	0,10	50,80							
E26'	Z	11,38	13,85	16,42	-	-	-	0,50	50,40	100,20	-0,395	-0,395	10,284	Z atrás		
	Y	-	-	-	15,35	17,80	20,33	0,40	49,80							
E27	Z	12,22	14,75	17,30	-	-	-	0,10	50,80	101,30	-0,040	-0,040	10,241	A' adelante	10,246	A'
	A'	-	-	-	12,55	15,15	17,60	0,75	50,50							
E27'	A'	12,52	15,04	17,55	-	-	-	0,00	50,30	100,80	0,031	0,031	10,250	A' atrás		
	Z	-	-	-	12,20	14,73	17,25	0,00	50,50							
E28	A'	13,40	15,90	18,40	-	-	-	0,00	50,00	100,00	0,060	0,060	10,305	B' adelante	10,301	B'
	B'	-	-	-	12,80	15,30	17,80	0,00	50,00							
E28'	B'	12,72	15,20	17,75	-	-	-	0,35	50,30	99,80	-0,050	-0,050	10,296	B' atrás		
	A'	-	-	-	13,25	15,70	18,20	0,25	49,50							
E29	T	12,65	13,95	15,25	-	-	-	0,00	26,00	50,00	-0,075	-0,075	9,742	C' adelante	9,740	C'
	C'	-	-	-	13,50	14,70	15,90	0,00	24,00							
E29'	C'	13,45	14,65	15,90	-	-	-	0,25	24,50	50,00	0,080	0,080	9,737	C' atrás		
	T	-	-	-	12,60	13,85	15,15	0,25	25,50							
E30	C'	11,30	13,80	16,32	-	-	-	0,10	50,20	99,80	-0,130	-0,130	9,609	D' adelante	9,612	D'
	D'	-	-	-	12,60	15,10	17,56	0,20	49,60							
E30'	D'	12,60	15,15	17,60	-	-	-	0,50	50,00	100,00	0,125	0,125	9,615	D' atrás		
	C'	-	-	-	11,40	13,90	16,40	0,00	50,00							
E31	D'	12,50	15,00	17,55	-	-	-	0,25	50,50	101,00	-0,080	-0,080	9,532	E' adelante	9,533	E'
	E'	-	-	-	13,30	15,80	18,35	0,25	50,50							
E31'	E'	13,35	15,89	18,42	-	-	-	0,00	50,70	101,60	0,078	0,078	9,534	E' atrás		
	D'	-	-	-	12,56	15,11	17,65	0,00	50,90							
E32	E'	12,40	15,00	17,45	-	-	-	0,75	50,50	100,50	0,040	0,040	9,573	F' adelante	9,571	F'
	E'	-	-	-	12,15	14,60	17,15	0,50	50,00							
E32'	F'	12,10	14,55	17,12	-	-	-	0,60	50,20	100,40	-0,035	-0,035	9,568	F' atrás		
	E'	-	-	-	12,38	14,90	17,40	0,10	50,20							
E33	F'	11,85	14,40	16,87	-	-	-	0,40	50,20	98,20	0,025	0,025	9,546	G' adelante	9,569	G'
	G'	-	-	-	11,70	14,15	16,50	0,50	48,00							
E33'	G'	11,75	14,20	16,50	-	-	-	0,75	47,50	98,20	-0,022	-0,022	9,593	G' atrás		
	F'	-	-	-	11,88	14,42	16,95	0,05	50,70							
E34	G'	14,30	14,85	15,50	-	-	-	0,50	12,00	21,50	-0,045	-0,045	9,614	H' adelante	9,574	H'
	H'	-	-	-	14,80	15,30	15,75	0,25	9,50							
E34'	H'	14,75	15,20	15,70	-	-	-	0,25	9,50	21,50	0,035	0,035	9,534	H' atrás		
	G'	-	-	-	14,25	14,85	15,45	0,00	12,00							

E35	H'	12,48	13,75	15,00	-	-	-	0,10	25,20	52,20	0,000	0,000	9,574	l' adelante	9,572	l'
	I'	-	-	-	12,45	13,75	15,15	0,50	27,00							
E35'	I'	12,45	13,85	15,20	-	-	-	0,25	27,50	52,00	0,005	0,005	9,569	l' atrás		
	H'	-	-	-	12,55	13,80	15,00	0,25	24,50							
E36	H'	13,00	14,05	15,11	-	-	-	0,05	21,10	50,10	-0,020	-0,020	9,554	J' adelante	9,557	J'
	J'	-	-	-	12,80	14,25	15,70	0,00	29,00							
E36'	J'	12,78	14,20	15,65	-	-	-	0,15	28,70	50,20	0,015	0,015	9,559	J' atrás		
	H'	-	-	-	12,95	14,05	15,10	0,25	21,50							
E37	J'	13,00	15,45	17,94	-	-	-	0,20	49,40	99,40	0,185	0,185	9,742	K' adelante	9,744	K'
	K'	-	-	-	11,10	13,60	16,10	0,00	50,00							
E37'	K'	11,07	13,60	16,12	-	-	-	0,00	50,50	99,00	-0,191	-0,191	9,747	K' atrás		
	J'	-	-	-	13,04	15,50	17,89	0,35	48,50							
E38	K'	12,00	14,50	17,00	-	-	-	0,00	50,00	100,00	0,070	0,070	9,814	L' adelante	9,822	L'
	L'	-	-	-	11,29	13,80	16,29	0,10	50,00							
E38'	L'	11,35	13,85	16,37	-	-	-	0,10	50,20	99,70	-0,085	-0,085	9,830	L' atrás		
	K'	-	-	-	12,25	14,70	17,20	0,25	49,50							
E39	L'	13,00	15,50	18,00	-	-	-	0,00	50,00	100,50	0,000	0,000	9,822	M' adelante	9,819	M'
	M'	-	-	-	13,00	15,50	18,05	0,25	50,50							
E39'	M'	13,05	15,60	18,12	-	-	-	0,15	50,70	100,60	0,005	0,005	9,817	M' atrás		
	L'	-	-	-	13,05	15,55	18,04	0,05	49,90							
E40	M'	11,10	13,60	16,10	-	-	-	0,00	50,00	87,30	-0,057	-0,057	9,763	N' adelante	9,761	N'
	N'	-	-	-	12,30	14,17	16,03	0,00	37,30							
E40'	N'	12,35	14,23	16,10	-	-	-	0,00	37,50	87,30	0,061	0,060	9,759	N' atrás		
	M'	-	-	-	11,14	13,62	16,12	0,10	49,80							
E41	N'	14,10	14,70	15,32	-	-	-	0,10	12,20	23,00	0,055	0,055	9,816	O' adelante	9,759	O'
	O	-	-	-	13,60	14,15	14,68	0,10	10,80							
E41'	O'	13,50	14,10	14,70	-	-	-	0,00	12,00	23,00	-0,058	-0,058	9,703	O' atrás		
	N'	-	-	-	14,10	14,68	15,20	0,30	11,00							
E42	O'	14,10	15,70	17,29	-	-	-	0,05	31,90	76,30	0,114	0,114	9,646	P' adelante	9,762	P'
	P'	-	-	-	12,34	14,56	16,78	0,00	44,40							
E42'	P'	12,30	14,50	16,75	-	-	-	0,25	44,50	76,90	-0,118	-0,118	9,878	P' atrás		
	O'	-	-	-	14,04	15,68	17,28	0,20	32,40							
E43	P'	13,20	15,30	17,50	-	-	-	0,50	43,00	77,00	0,050	0,050	9,811	Q' adelante	9,811	Q'
	Q'	-	-	-	13,10	14,80	16,50	0,00	34,00							
E43'	Q'	13,06	14,76	16,54	-	-	-	0,40	34,80	76,90	-0,049	-0,049	9,810	Q' atrás		
	P'	-	-	-	13,14	15,25	17,35	0,00	42,10							
E44	Q'	12,80	15,40	17,80	-	-	-	1,00	50,00	100,00	0,140	0,140	9,951	R' adelante	9,948	R'
	R'	-	-	-	11,50	14,00	16,50	0,00	50,00							
E44'	R'	11,45	13,95	16,46	-	-	-	0,05	50,10	99,60	-0,135	-0,135	9,946	R' atrás		
	Q'	-	-	-	12,75	15,30	17,70	0,75	49,50							
E45	R'	13,90	14,90	15,90	-	-	-	0,00	20,00	50,50	-0,110	-0,110	9,838	S' adelante	9,835	S'
	S'	-	-	-	14,45	16,00	17,50	0,25	30,50							
E45'	S'	14,50	16,03	17,55	-	-	-	0,00	30,20	50,70	0,118	0,117	9,831	S' atrás		
	R'	-	-	-	13,85	14,85	15,75	0,50	20,50							
E46	Pto fijo	13,44	14,90	16,40	-	-	-	0,20	29,60	32,40	-0,105	-0,105	9,895	ALC1' adelante	9,887	ALC1
	ALC1	-	-	-	15,81	15,95	16,09	0,00	2,80							
E46'	ALC1	15,92	16,20	16,30	-	-	-	0,90	3,80	32,80	0,121	0,121	9,879	ALC1 atrás		
	Pto fijo	-	-	-	13,56	14,99	16,46	0,20	29,00							

E46	Pto fijo	13,44	14,90	16,40	-	-	-	0,20	29,60	45,90	-1,320	-1,320	8,680	ALC2' adelante	8,680	ALC2
	ALC2	-	-	-	27,29	28,10	28,92	0,05	16,30							
E46'	Pto fijo	13,44	14,90	16,40				0,00	0,00	0,00	-0,925	-0,925	9,075	12	9,075	12
	12	-	-	-		24,15			0,00							
E46'	Pto fijo	13,44	14,90	16,40					0,00	49,10	-0,970	-0,970	9,030	13	9,030	13
	13	-	-	-	22,09	24,60	27,00		49,10							
		Suma de Hm [m]	132,61			Suma de Hm [m]	132,72			Distancia total [m]	7.143,10	0,012				

CIERRE NIVELACIÓN	
Tolerancia [cm]	8,018
ϵ [cm]	1,250

NIVELACIÓN EN PERFILES TRANSVERSALES

Sección	Estación	Punto	Alturas visadas			Distancia al eje [m]	Punto en común Pto Fijo			Dist. Parcial [m]	Dist. entre puntos [m]	delta H obs [m]	delta H corr [m]	Cotas corr. [m]	Cotas corr. prom [m]	Nombre del punto
			hi	hm	hs		hi	hm med	hs							
A	E1	7	13,98	14,50	15,15	-6,3	Lectura adelante [dm]			11,7	19,3	0,501	0,499	9,501	9,499	7
		6	18,15	18,70	19,30	-5,2	hi	hm med	hs	11,5	19,1	0,921	0,919	9,081		
		5	15,30	15,80	16,39	-4,0	9,1	9,5	9,9	10,9	18,5	0,631	0,629	9,371		
		4	13,31	13,80	14,35	-2,5	Distancia parcial [m]			10,4	18,0	0,431	0,429	9,571		
		2	12,60	13,10	13,65	2,0	7,6			10,5	18,1	0,361	0,359	9,641		
		1	12,08	12,60	13,15	4,0				10,7	18,3	0,311	0,309	9,691		
	E1'	7	14,05	14,60	15,25		Lectura atrás [dm]			12,0	23,2	-0,500	-0,502	9,498	9,569	4
		6	18,18	18,80	19,40		hi	hm med	hs	12,2	23,4	-0,920	-0,922	9,078		
		5	15,35	15,90	16,45		9,2	9,6	10,3	11,0	22,2	-0,630	-0,632	9,368		
		4	13,25	13,90	14,60		Distancia parcial [m]			13,5	24,7	-0,430	-0,432	9,568		
		2	12,80	13,30	13,75		11,2			9,5	20,7	-0,370	-0,372	9,628		
		1	12,15	12,70	13,22					10,7	21,9	-0,310	-0,312	9,688		
B	E2	7	14,15	14,70	15,35	-6,0	Punto en común Pto Fijo			12,0	36,5	-0,525	-0,528	9,472	9,478	7
		6	18,85	20,20	21,55	-4,8	Lectura atrás [dm]			27,0	51,5	-1,075	-1,080	8,920		
		5	14,60	15,95	17,30	-4,0	hi	hm med	hs	27,0	51,5	-0,650	-0,655	9,345		
		4	13,25	14,58	15,90	-2,6	8,2	9,5	10,7	26,5	51,0	-0,513	-0,517	9,483		
		2	12,65	13,98	15,30	3,3	Distancia parcial [m]			26,5	51,0	-0,453	-0,457	9,543		
		1	11,57	12,91	14,25	5,0	24,5			26,8	51,3	-0,346	-0,351	9,649		
	E2'	7	14,10	14,60	15,25		Lectura adelante [dm]			11,5	36,5	0,520	0,517	9,483	9,489	4
		6	18,75	20,10	21,50		hi	hm med	hs	27,5	52,5	1,070	1,065	8,935		
		5	14,50	15,88	17,22		8,2	9,4	10,7	27,2	52,2	0,648	0,643	9,357		
		4	13,20	14,50	15,78		Distancia parcial [m]			25,8	50,8	0,510	0,505	9,495		
		2	12,60	13,95	15,20		25,0			26,0	51,0	0,455	0,450	9,550		
		1	11,50	12,80	14,15					26,5	51,5	0,340	0,335	9,665		
C	E3	10	14,00	15,55	17,10	-5,5	Punto en común B			31,0	59,0	-0,105	-0,110	9,433	9,436	10
		9	16,55	18,10	19,60	-5,0	Lectura atrás [dm]			30,5	58,5	-0,360	-0,365	9,178		
		8	13,70	15,20	16,70	-4,5	hi	hm med	hs	30,0	58,0	-0,070	-0,075	9,468		
		7	14,80	16,35	17,80	-4,0	13,1	14,50	15,9	30,0	58,0	-0,185	-0,190	9,353		
		6	13,15	14,65	16,15	-3,5	Distancia parcial [m]			30,0	58,0	-0,015	-0,020	9,523		
		4	13,00	14,50	16,05	3,0	28,0			30,5	58,5	0,000	-0,005	9,538		
		3	14,10	15,65	17,20	5,0				31,0	59,0	-0,115	-0,120	9,423		
		2	16,15	17,70	19,25	5,5				31,0	59,0	-0,320	-0,325	9,218		
		1	12,00	13,60	15,15	6,5				31,5	59,5	0,090	0,085	9,628		
	E3'	10	14,10	15,70	17,28		Lectura adelante [dm]			31,8	59,8	0,110	0,105	9,438	9,529	6
		9	16,64	18,25	19,80		hi	hm med	hs	31,6	59,6	0,365	0,360	9,183		
		8	13,78	15,25	16,82		13,2	14,60	16,0	30,4	58,4	0,065	0,060	9,483		
		7	14,85	16,40	17,85		Distancia parcial [m]			30,0	58,0	0,180	0,175	9,368		
		6	13,25	14,72	16,22		28,0			29,7	57,7	0,012	0,007	9,536		
		4	13,15	14,64	16,12					29,7	57,7	0,004	-0,002	9,545		
		3	14,18	15,72	17,25					30,7	58,7	0,112	0,106	9,437		
		2	16,20	17,74	19,28					30,8	58,8	0,314	0,309	9,234		
		1	12,10	13,66	15,22					31,2	59,2	-0,094	-0,099	9,642		

F	E5	6	16,00	17,50	19,15	-10,5	Punto en común E			31,5	69,5	-0,090	-0,096	10,047	10,050	6
		5	15,85	17,30	18,90	-9,0	Lectura atrás [dm]			30,5	68,5	-0,070	-0,076	10,067		
		4	14,70	16,10	17,65	-6,0	hi	hm med	hs	29,5	67,5	0,050	0,044	10,187		
		3	14,15	15,50	17,00	6,0	14,7	16,6	18,5	28,5	66,5	0,110	0,104	10,247		
		2	15,50	17,00	18,45	9,0	Distancia parcial [m]			29,5	67,5	-0,040	-0,046	10,097		
		1	16,50	18,00	19,50	10,5	38,0			30,0	68,0	-0,140	-0,146	9,997		
	E5'	6	15,90	17,45	19,00		Lectura adelante [dm]			31,0	68,8	0,095	0,089	10,054	10,252	3
		5	15,75	17,22	18,80		hi	hm med	hs	30,5	68,3	0,072	0,066	10,077		
		4	14,65	16,05	17,50		14,6	16,5	18,4	28,5	66,3	-0,045	-0,051	10,194		
		3	14,00	15,42	16,90		Distancia parcial [m]			29,0	66,8	-0,108	-0,114	10,257		
		2	15,60	17,08	18,60		37,8			30,0	67,8	0,058	0,052	10,091		
		1	16,40	17,95	19,42					30,2	68,0	0,145	0,139	10,004		
H	E8	6	15,00	16,60	18,20	-11,0	Punto en común G			32,0	54,2	-0,340	-0,345	9,885	9,888	6
		5	15,10	16,60	18,05	-9,0	Lectura atrás [dm]			29,5	51,7	-0,340	-0,345	9,885		
		4	13,70	15,10	16,50	-6,0	hi	hm med	hs	28,0	50,2	-0,190	-0,195	10,035		
		3	13,85	15,30	16,80	6,0	12,1	13,20	14,3	29,5	51,7	-0,210	-0,215	10,015		
		2	15,10	15,60	18,20	9,5	Distancia parcial [m]			31,0	53,2	-0,240	-0,245	9,985		
		1	15,50	17,10	18,65	10,0	22,2			31,5	53,7	-0,390	-0,395	9,835		
	E8'	6	15,12	16,70	18,10		Lectura adelante [dm]			29,8	52,3	0,343	0,338	9,891	10,019	3
		5	15,18	16,60	18,11		hi	hm med	hs	29,3	51,8	0,333	0,328	9,901		
		4	13,76	15,18	16,54		12,2	13,27	14,4	27,8	50,3	0,191	0,186	10,043		
		3	13,89	15,39	16,88		Distancia parcial [m]			29,9	52,4	0,212	0,207	10,023		
		2	15,17	16,71	18,25		22,5			30,8	53,3	0,344	0,339	9,890		
		1	15,60	17,18	18,72					31,2	53,7	0,391	0,386	9,843		
J	E10	7	15,45	17,30	19,05	-23,0	Punto en común I			36,0	63,5	-0,275	-0,281	9,849	9,853	7
		6	15,30	17,00	18,70	-20,0	Lectura atrás [dm]			34,0	61,5	-0,245	-0,251	9,879		
		5	13,45	14,80	16,15	-10,0	hi	hm med	hs	27,0	54,5	-0,025	-0,030	10,099		
		1	15,10	16,90	18,75	10,0	13,1	14,55	15,9	36,5	64,0	-0,235	-0,241	9,889		
		2	16,30	17,90	19,60	17,0	Distancia parcial [m]			33,0	60,5	-0,335	-0,341	9,789		
		3	16,20	17,70	19,20	21,0	27,5			30,0	57,5	-0,315	-0,320	9,809		
	E10'	4	14,40	15,70	17,00	25,0				26,0	53,5	-0,115	-0,120	10,010	9,894	1
		7	15,60	17,40	19,20		Lectura adelante [dm]			36,0	63,0	0,277	0,271	9,858		
		6	15,45	17,13	18,80		hi	hm med	hs	33,5	60,5	0,250	0,244	9,886		
		5	13,55	14,88	16,20		13,2	14,63	15,9	26,5	53,5	0,024	0,020	10,110		
		1	15,15	16,98	18,81		Distancia parcial [m]			36,6	63,6	0,235	0,229	9,900		
		2	16,33	18,00	19,67		27,0			33,4	60,4	0,337	0,331	9,798		
L	E12	3	16,26	17,78	19,30					30,4	57,4	0,315	0,310	9,820	10,015	4
		4	14,46	15,76	17,06					26,0	53,0	0,113	0,108	10,021		
		7	14,60	17,40	20,25	-23,5	Punto en común K			56,5	107,5	-0,315	-0,325	9,820		
		6	15,78	18,50	21,30	-19,5	Lectura atrás [dm]			55,2	106,2	-0,425	-0,435	9,710		
		5	14,03	17,10	19,90	-17,0	hi	hm med	hs	58,7	109,7	-0,285	-0,295	9,849		
		4	14,30	17,00	19,70	-10,0	11,7	14,25	16,8	54,0	105,0	-0,275	-0,285	9,860		
	E12'	3	13,60	16,25	18,84	10,0	Distancia parcial [m]			52,4	103,4	-0,200	-0,210	9,935	9,858	5
		2	14,65	17,40	20,15	20,0	51,0			55,0	106,0	-0,315	-0,325	9,820		
		1	12,68	15,50	18,40	23,0				57,2	108,2	-0,125	-0,135	10,010		
		7	14,65	17,46	20,32		Lectura adelante [dm]			56,7	106,7	0,316	0,306	9,838		
		6	15,86	18,61	21,35		hi	hm med	hs	54,9	104,9	0,431	0,421	9,724		
		5	14,37	17,18	19,98		13,9	14,30	18,9	56,1	106,1	0,288	0,278	9,867		
E12'	4	14,36	17,07	19,78		Distancia parcial [m]			54,2	104,2	0,277	0,267	9,877	9,831	2	
	3	13,68	16,30	18,92		50,0			52,4	102,4	0,200	0,191	9,954			
	2	14,60	17,43	20,25					56,5	106,5	0,313	0,303	9,842			
	1	12,72	15,59	18,46					57,4	107,4	0,129	0,119	10,025			

N	E14	7	13,50	15,85	18,25	-24,0	Punto en común I			47,5	97,5	-0,045	-0,054	10,076	10,084	7
		6	14,75	17,05	19,30	-22,0	Lectura atrás [dm]			45,5	95,5	-0,165	-0,174	9,956		
		5	14,30	16,40	18,50	-16,0	hi	hm med	hs	42,0	92,0	-0,100	-0,108	10,021		
		4	13,00	15,00	17,00	-10,0	/	15,40	/	40,0	90,0	0,040	0,032	10,161		
		3	13,15	15,10	17,10	10,0	Distancia parcial [m]			39,5	89,5	0,030	0,022	10,151		
		2	13,50	15,60	17,65	15,0	50,0			41,5	91,5	-0,020	-0,028	10,101		
		1	14,35	16,65	19,00	25,0				46,5	96,5	-0,125	-0,134	9,996		
	E14'	7	13,56	15,96	18,36		Lectura adelante [dm]			46,5	96,5	0,046	0,037	10,092	10,170	4
		6	14,86	17,13	19,40		hi	hm med	hs	48,0	98,0	0,163	0,154	9,976		
		5	14,42	16,52	18,61		/	15,50	/	45,4	95,4	0,102	0,093	10,037		
		4	13,10	15,09	17,08		Distancia parcial [m]			41,9	91,9	-0,041	-0,049	10,179		
		3	13,26	15,26	17,26		50,0			39,8	89,8	-0,024	-0,032	10,162		
		2	14,42	16,09	17,75					40,0	90,0	0,059	0,050	10,079		
		1	14,45	16,77	19,09					40,0	90,0	0,127	0,119	10,011		
P	E16	6	14,00	16,80	19,70	-25,0	Punto en común O			57,0	107,0	-0,220	-0,230	10,006	10,012	7
		5	14,00	16,60	19,20	-17,0	Lectura atrás [dm]			52,0	102,0	-0,200	-0,209	10,027		
		4	12,80	15,40	18,05	-10,0	hi	hm med	hs	52,5	102,5	-0,080	-0,089	10,147		
		3	14,00	17,10	20,20	10,0	12,1	14,6	17,1	62,0	112,0	-0,250	-0,260	9,976		
		2	15,50	18,10	20,70	15,0	Distancia parcial [m]			52,0	102,0	-0,350	-0,359	9,877		
	1	15,60	18,50	21,25	25,0	50,0			56,5	106,5	-0,390	-0,400	9,836			
	E16'	6	14,10	16,90	19,78		Lectura adelante [dm]			56,8	68,0	0,225	0,219	10,017	9,982	4
		5	14,10	16,60	19,30		hi	hm med	hs	52,0	63,2	0,195	0,189	10,047		
		4	12,88	15,50	18,16		12,2	14,7	17,2	52,8	64,0	0,085	0,079	10,157		
		3	14,08	17,20	20,31		Distancia parcial [m]			62,3	73,5	0,255	0,248	9,988		
2		15,62	18,20	20,81		50,3			51,9	63,1	0,355	0,349	9,887			
1	15,71	18,50	21,36					56,5	67,7	0,385	0,379	9,857				
R	E18	6	15,00	17,50	20,00	-24,0	Punto en común Q			50,0	103,0	-0,325	-0,334	9,736	9,747	7
		5	14,17	16,65	19,17	-17,0	Lectura atrás [dm]			50,0	103,0	-0,240	-0,249	9,821		
		4	13,50	16,00	18,50	-10,0	hi	hm med	hs	50,0	103,0	-0,175	-0,184	9,886		
		3	14,00	16,50	19,00	10,0	11,6	14,3	16,9	50,0	103,0	-0,225	-0,234	9,836		
		2	20,55	18,15	20,57	18,0	Distancia parcial [m]			0,2	53,2	-0,390	-0,395	9,675		
	1	18,80	16,35	18,83	26,0	53,0			0,3	53,3	-0,210	-0,215	9,855			
	E18'	6	15,04	17,50	20,00		Lectura adelante [dm]			49,6	102,4	0,320	0,311	9,759	9,842	4
		5	14,20	16,70	19,23		hi	hm med	hs	50,3	103,1	0,240	0,231	9,839		
		4	13,54	16,20	18,84		11,7	14,3	16,9	53,0	105,8	0,190	0,180	9,890		
		3	14,05	16,60	19,06		Distancia parcial [m]			50,1	102,9	0,230	0,221	9,849		
2		20,59	20,60	20,60		52,8			0,1	52,9	0,630	0,625	9,445			
1	18,86	18,90	18,88					0,2	53,0	0,460	0,455	9,615				

S	E19	10	13,30	16,20	19,10	-22,0	Punto en común R			58,0	108,0	-0,200	-0,210	9,771	9,782	10
		9	13,70	16,50	19,40	-18,0	Lectura atrás [dm]			57,0	107,0	-0,230	-0,240	9,741		
		8	18,90	16,20	18,95	-14,0	hi	hm med	hs	0,5	50,5	-0,200	-0,205	9,776	9,747	9
		7	12,70	15,30	17,80	-10,0	11,8	14,2	16,6	51,0	101,0	-0,110	-0,119	9,862		
		6	12,50	15,00	17,45	3,0	Distancia parcial [m]			49,5	99,5	-0,080	-0,089	9,892	9,642	8
		5	13,85	16,45	18,85	13,0	50,0			50,0	100,0	-0,225	-0,234	9,747		
		4	14,75	17,45	20,00	16,0				52,5	102,5	-0,325	-0,334	9,647	9,872	7
		3	14,75	17,50	20,20	21,0				54,5	104,5	-0,330	-0,340	9,641		
		2	14,00	16,75	19,45	24,0				54,5	104,5	-0,255	-0,265	9,716	9,902	6
	1	13,75	16,60	19,40	32,0				56,5	106,5	-0,240	-0,250	9,731			
	E19'	10	13,34	16,20	19,14		Lectura adelante [dm]			58,0	108,0	0,198	0,188	9,793	9,760	5
		9	13,75	16,60	19,45		hi	hm med	hs	57,0	107,0	0,238	0,228	9,753		
		8	18,96	19,00	18,99		11,8	14,2	16,7	0,3	50,3	0,478	0,473	9,508	9,660	4
		7	12,73	15,30	17,86		Distancia parcial [m]			51,3	101,3	0,108	0,099	9,882		
		6	12,55	15,00	17,48		50,0			49,3	99,3	0,078	0,069	9,912	9,652	3
		5	13,89	16,40	18,89					50,0	100,0	0,218	0,209	9,772		
		4	14,79	17,40	20,04					52,5	102,5	0,318	0,309	9,672	9,729	2
3		14,77	17,50	20,26					54,9	104,9	0,328	0,318	9,663			
2		14,04	16,70	19,46					54,2	104,2	0,248	0,238	9,743	9,742	1	
1	13,78	16,60	19,47					56,9	106,9	0,238	0,228	9,753				
U	E21	6	13,50	15,20	16,90	-25,0	Punto en común T			34,0	63,0	-0,160	-0,166	9,651	9,659	6
		5	13,85	15,35	16,85	-20,0	Lectura atrás [dm]			30,0	59,0	-0,175	-0,180	9,637		
		4	13,70	14,93	16,18	-10,0	hi	hm med	hs	24,8	53,8	-0,133	-0,138	9,679	9,647	5
		3	14,10	15,26	16,43	10,0	12,2	13,60	15,1	23,3	52,3	-0,166	-0,171	9,646		
		2	13,32	14,80	16,20	18,0	Distancia parcial [m]			28,8	57,8	-0,120	-0,125	9,692	9,688	4
		1	13,51	15,20	16,82	24,0	29,0			33,1	62,1	-0,160	-0,166	9,651		
	E21'	6	12,80	15,20	17,70		Lectura adelante [dm]			49,0	77,7	0,157	0,150	9,667	9,661	3
		5	13,10	15,30	17,60		hi	hm med	hs	45,0	73,7	0,167	0,160	9,657		
		4	13,00	14,90	16,90		12,3	13,63	15,1	39,0	67,7	0,127	0,121	9,696	9,704	2
		3	13,30	15,10	17,10		Distancia parcial [m]			38,0	66,7	0,147	0,141	9,676		
		2	12,60	14,70	16,90		28,7			43,0	71,7	0,107	0,100	9,717	9,656	1
1	12,80	15,25	15,50					27,0	55,7	0,162	0,157	9,660				
W	E23	6	12,00	14,75	17,50	-25,0	Punto en común V			55,0	105,0	0,040	0,030	9,774	9,788	6
		5	11,85	14,50	17,20	-20,0	Lectura atrás [dm]			53,5	103,5	0,065	0,055	9,799		
		4	12,25	14,80	17,25	-10,0	hi	hm med	hs	50,0	100,0	0,035	0,026	9,769	9,811	5
		3	12,19	14,60	17,20	10,0	12,6	15,2	17,6	50,1	100,1	0,055	0,046	9,789		
		2	14,45	15,85	17,15	20,0	Distancia parcial [m]			27,0	77,0	-0,070	-0,077	9,666	9,785	4
		1	11,75	14,55	17,40	25,0	50,0			56,5	106,5	0,060	0,050	9,794		
	E23'	6	12,60	15,30	18,00		Lectura adelante [dm]			54,0	104,5	-0,050	-0,060	9,803	9,792	3
		5	12,40	15,10	17,80		hi	hm med	hs	54,0	104,5	-0,070	-0,080	9,823		
		4	12,80	15,33	17,85		13,3	15,8	18,4	50,5	101,0	-0,048	-0,057	9,800	9,677	2
		3	12,95	15,38	17,80		Distancia parcial [m]			48,5	99,0	-0,043	-0,052	9,795		
		2	15,10	16,44	17,78		50,5			26,8	77,3	0,064	0,057	9,687	9,803	1
1	12,40	15,20	18,00					56,0	106,5	-0,060	-0,070	9,813				

X	E24	7	12,30	15,50	17,83	-23,0	Punto en común W			55,3	105,8	-0,090	-0,100	9,862	9,893	7	
		6	12,93	15,67	18,65	-21,0	Lectura atrás [dm]			57,2	107,7	-0,107	-0,117	9,845			
		5	13,00	15,65	18,30	-18,0	hi	hm med	hs	53,0	103,5	-0,105	-0,115	9,847			
		4	12,80	15,38	17,90	-10,0	12,1	14,6	17,1	51,0	101,5	-0,078	-0,087	9,875			
		3	13,70	16,20	18,80	10,0	Distancia parcial [m]			51,0	101,5	-0,160	-0,169	9,793			
		2	14,70	17,40	20,10	23,0	50,5			54,0	104,5	-0,280	-0,290	9,672			
		1	14,42	17,20	19,95	26,0				55,3	105,8	-0,260	-0,270	9,692			
	E24'	7	12,34	15,11	17,87		Lectura adelante [dm]			55,3	105,7	0,048	0,038	9,924	9,885	4	
		6	12,96	15,83	18,69		hi	hm med	hs	55,3	105,7	0,120	0,110	9,852			
		5	13,04	15,70	18,36		12,1	14,6	17,1	57,3	107,7	0,107	0,097	9,865			
		4	12,85	15,40	17,94		Distancia parcial [m]			53,2	103,6	0,076	0,067	9,895			
		3	13,74	16,30	18,85		50,4			50,9	101,3	0,167	0,157	9,805			
		2	14,74	17,45	20,16					51,1	101,5	0,282	0,273	9,689			
		1	14,45	17,22	19,98					51,1	101,5	0,259	0,249	9,713			
Y	E25	5	14,00	15,58	17,18	-24,0	Punto en común T			31,8	59,3	-0,033	-0,038	9,779	9,781	5	
		3	13,40	14,82	16,30	-20,0	Lectura atrás [dm]			29,0	56,5	0,043	0,038	9,855			
		1	13,60	14,80	16,15	-10,0	hi	hm med	hs	25,5	53,0	0,045	0,040	9,857			
		2	14,20	15,40	16,60	10,0	13,9	15,3	16,6	24,0	51,5	-0,015	-0,020	9,797			
		4	14,20	15,65	17,10	19,0	Distancia parcial [m]			29,0	56,5	-0,040	-0,045	9,772			
		6	14,20	15,88	17,60	26,0	27,5			34,0	61,5	-0,063	-0,069	9,748			
	E25'	5	14,10	15,68	17,25		Lectura adelante [dm]			31,5	59,5	0,040	0,034	9,783	9,796	2	
		3	13,45	14,90	16,35		hi	hm med	hs	29,0	57,0	-0,038	-0,043	9,860			
		1	13,70	14,95	16,20		13,9	15,3	16,7	25,0	53,0	-0,033	-0,038	9,855			
		2	14,35	15,55	16,75		Distancia parcial [m]			24,0	52,0	0,027	0,022	9,795			
		4	14,34	15,80	17,25					29,1	57,1	0,052	0,046	9,771			
		6	14,32	15,99	17,65		28,0			33,3	61,3	0,071	0,065	9,752			
	A'	E27	6	12,60	15,40	18,20	-25,0	Punto en común Z			56,0	106,8	-0,065	-0,075	10,206	10,234	6
			5	13,00	15,65	18,35	-20,0	Lectura atrás [dm]			53,5	104,3	-0,090	-0,100	10,181		
3			12,80	15,40	17,96	-10,0	hi	hm med	hs	51,6	102,4	-0,065	-0,074	10,207			
1			12,35	15,85	18,45	9,0	12,2	14,8	17,3	61,0	111,8	-0,110	-0,120	10,161			
2			14,20	16,80	19,50	16,0	Distancia parcial [m]			53,0	103,8	-0,205	-0,215	10,066			
4			14,10	16,85	19,66	24,0	50,8			55,6	106,4	-0,210	-0,220	10,061			
E27'		6	12,65	15,45	18,24		Lectura adelante [dm]			55,9	106,4	0,030	0,020	10,261	10,204	1	
		5	13,05	15,72	18,39		hi	hm med	hs	53,4	103,9	0,057	0,047	10,234			
		3	12,86	15,44	18,01		12,6	15,2	17,6	51,5	102,0	0,029	0,019	10,262			
		1	12,69	15,58	18,47		Distancia parcial [m]			57,8	108,3	0,043	0,033	10,248			
		2	14,26	16,89	19,52					52,6	103,1	0,174	0,165	10,116			
		4	14,13	16,91	19,69		50,5			55,6	106,1	0,176	0,166	10,115			
B'		E28	7	13,80	16,50	19,15	-24,0	Punto en común A'			53,5	103,5	-0,060	-0,070	10,176	10,172	7
			6	14,00	16,50	19,10	-17,0	Lectura atrás [dm]			51,0	101,0	-0,060	-0,069	10,176		
	5		13,90	16,30	18,80	-10,0	hi	hm med	hs	49,0	99,0	-0,040	-0,049	10,196			
	4		13,65	16,10	18,50	10,0	13,4	15,9	18,4	48,5	98,5	-0,020	-0,029	10,216			
	3		14,20	16,75	19,30	17,0	Distancia parcial [m]			51,0	101,0	-0,085	-0,094	10,151			
	2		14,40	17,00	19,70	23,0	50,0			53,0	103,0	-0,110	-0,119	10,126			
	1		14,60	17,25	19,90	25,0				53,0	103,0	-0,135	-0,144	10,101			
	E28'	7	13,90	16,58	19,25		Lectura adelante [dm]			53,0	102,5	0,088	0,078	10,167	10,214	4	
		6	14,05	16,60	19,15		hi	hm med	hs	53,5	103,0	0,090	0,081	10,165			
		5	13,96	16,41	18,86		13,3	15,7	18,2	51,0	100,5	0,071	0,062	10,184			
		4	13,70	16,14	18,58		Distancia parcial [m]			49,0	98,5	0,044	0,035	10,211			
		3	14,25	16,80	19,34					48,8	98,3	0,110	0,100	10,145			
		2	14,50	17,13	19,75		49,5			50,9	100,4	0,143	0,133	10,112			
		1	14,75	17,37	19,98					50,9	100,4	0,167	0,157	10,088			

C'	E29	6	14,52	16,25	18,00	-23,0	Punto en común T			34,8	62,3	-0,100	-0,106	9,711	9,716	6
		4	14,40	16,10	17,66	-20,0	Lectura atrás [dm]			32,6	60,1	-0,085	-0,091	9,726		
		2	14,38	15,72	17,19	-10,0	hi	hm med	hs	28,1	55,6	-0,047	-0,052	9,765		
		1	14,20	15,50	16,80	10,0	13,9	15,3	16,6	26,0	53,5	-0,025	-0,030	9,787		
		3	14,00	15,55	17,11	20,0	Distancia parcial [m]			31,1	58,6	-0,030	-0,035	9,782		
		5	13,45	15,10	16,75	25,0	27,5			33,0	60,5	0,015	0,009	9,826		
	E29'	6	14,55	16,30	18,05		Lectura adelante [dm]			35,0	63,0	0,102	0,096	9,721	9,790	1
		4	14,50	16,13	17,75		hi	hm med	hs	32,5	60,5	0,085	0,079	9,738		
		2	14,43	15,84	17,25		13,9	15,3	16,7	28,2	56,2	0,056	0,051	9,766		
		1	14,25	15,58	16,90		Distancia parcial [m]			26,5	54,5	0,030	0,024	9,793		
		3	14,10	15,65	17,20		28,0			31,0	59,0	0,037	0,032	9,785		
		5	13,55	15,20	16,85					33,0	61,0	-0,008	-0,014	9,831		
E'	E31	7	13,30	16,00	18,70	-23,0	Punto en común D'			54,0	104,5	-0,100	-0,110	9,502	9,515	7
		6	13,85	16,50	19,00	-19,0	Lectura atrás [dm]			51,5	102,0	-0,150	-0,159	9,453		
		5	13,50	16,10	18,70	-17,0	hi	hm med	hs	52,0	102,5	-0,110	-0,119	9,493		
		4	13,50	15,80	18,50	-10,0	12,5	15,0	17,6	50,0	100,5	-0,080	-0,089	9,523		
		3	14,00	16,50	19,00	10,0	Distancia parcial [m]			50,0	100,5	-0,150	-0,159	9,453		
		2	14,00	16,70	19,30	20,0	50,5			53,0	103,5	-0,170	-0,180	9,432		
	E31'	1	14,00	16,70	19,50	26,0				55,0	105,5	-0,170	-0,180	9,432	9,522	4
		7	13,35	16,05	18,75		Lectura adelante [dm]			55,0	105,9	0,095	0,085	9,527		
		6	13,90	16,48	19,05		hi	hm med	hs	54,0	104,9	0,137	0,127	9,485		
		5	13,55	16,15	18,75		12,6	15,1	17,7	51,5	102,4	0,105	0,095	9,517		
		4	13,62	16,10	18,58		Distancia parcial [m]			52,0	102,9	0,099	0,090	9,522		
		3	14,15	16,65	19,15		50,9			49,6	100,5	0,155	0,145	9,467		
G'	E33	2	14,05	16,70	19,35					50,0	100,9	0,160	0,150	9,462	9,440	1
		1	14,15	16,85	19,55					50,0	100,9	0,175	0,165	9,447		
		7	13,35	16,05	18,75		Lectura adelante [dm]			55,0	105,9	0,095	0,085	9,527		
		6	13,90	16,48	19,05		hi	hm med	hs	54,0	104,9	0,137	0,127	9,485		
		5	13,55	16,15	18,75		12,6	15,1	17,7	51,5	102,4	0,105	0,095	9,517		
		4	13,62	16,10	18,58		Distancia parcial [m]			52,0	102,9	0,099	0,090	9,522		
	E33'	3	14,15	16,65	19,15		50,9			49,6	100,5	0,155	0,145	9,467	9,447	2
		2	14,05	16,70	19,35					50,0	100,9	0,160	0,150	9,462		
		1	14,15	16,85	19,55					50,0	100,9	0,175	0,165	9,447		
		6	12,55	15,25	17,90	-24,0	Punto en común F'			53,5	103,7	-0,085	-0,095	9,476		
		5	12,45	14,90	17,45	-20,0	Lectura atrás [dm]			50,0	100,2	-0,050	-0,059	9,511		
		4	11,80	14,30	16,80	-10,0	hi	hm med	hs	50,0	100,2	0,010	0,001	9,571		
I'	E35	3	12,05	14,55	17,00	10,0	11,9	14,4	16,9	49,5	99,7	-0,015	-0,024	9,546	9,514	5
		2	11,80	14,50	17,15	18,0	Distancia parcial [m]			53,5	103,7	-0,010	-0,020	9,551		
		1	11,45	14,25	17,00	23,0	50,2			55,5	105,7	0,015	0,005	9,576		
		6	12,60	15,28	17,95		Lectura adelante [dm]			53,5	104,2	0,085	0,076	9,495		
		5	12,55	15,05	17,55		hi	hm med	hs	50,0	100,7	0,063	0,054	9,517		
		4	11,87	14,41	16,95		11,9	14,4	17,0	50,8	101,5	-0,001	-0,010	9,581		
	E35'	3	12,08	14,59	17,10		Distancia parcial [m]			50,2	100,9	0,017	0,008	9,563	9,557	2
		2	11,95	14,60	17,25		50,7			53,0	103,7	0,018	0,008	9,562		
		1	11,50	14,28	17,05					55,5	106,2	-0,015	-0,024	9,595		
		6	11,00	13,85	15,70	-24,0	Punto en común H'			47,0	72,2	-0,010	-0,017	9,558		
		5	12,30	14,00	15,83	-20,0	Lectura atrás [dm]			35,3	60,5	-0,025	-0,031	9,544		
		4	12,58	14,00	15,47	-10,0	hi	hm med	hs	28,9	54,1	-0,025	-0,030	9,544		
E35'	3	13,55	14,82	16,22	10,0	12,5	13,8	15,0	26,7	51,9	-0,107	-0,112	9,462	9,544	5	
	2	14,00	15,45	16,90	20,0	Distancia parcial [m]			29,0	54,2	-0,170	-0,175	9,399			
	1	13,70	15,30	17,00	26,0	25,2			33,0	58,2	-0,155	-0,160	9,414			
	6	11,05	13,40	15,75		Lectura adelante [dm]			47,0	74,0	-0,035	-0,042	9,616			
	5	12,35	14,11	15,86		hi	hm med	hs	35,1	62,1	0,036	0,030	9,544			
	4	12,62	14,09	15,55		12,5	13,8	15,2	29,3	56,3	0,034	0,028	9,546			
E35'	3	13,65	14,98	16,30		Distancia parcial [m]			26,5	53,5	0,123	0,118	9,457	9,399	2	
	2	14,05	15,55	17,05		27,0			30,0	57,0	0,180	0,175	9,399			
	1	13,75	15,43	17,10					33,5	60,5	0,168	0,162	9,412			
	1	13,75	15,43	17,10					33,5	60,5	0,168	0,162	9,412			

J'	E36	4	13,05	14,68	18,28	-13,0	Punto en común H'- Lectura atrás [dm]			52,3	102,3	0,018	0,009	9,583	9,571	4	
		3	13,80	15,33	16,85	-9,0	hi	hm med	hs	30,5	80,5	0,083	0,076	9,650			
		2	12,10	13,60	15,10	9,0	12,0	14,5	17,0	30,0	80,0	-0,090	-0,097	9,477			
		1	12,25	13,80	15,35	11,0	Distancia parcial [m]			50,0	31,0	81,0	-0,070	-0,077			9,497
	E36'	4	13,15	15,75	18,35		Lectura adelante [dm]			52,0	102,5	0,025	0,016	9,559	9,620	2	
		3	13,85	15,38	16,90		hi	hm med	hs	30,5	81,0	-0,013	-0,020	9,594			
		2	12,16	13,68	15,20		13,0	15,5	18,1	30,4	80,9	-0,182	-0,189	9,764			
		1	12,35	13,89	15,42		Distancia parcial [m]			50,5	30,7	81,2	-0,162	-0,169			9,743
L'	E38	4	12,30	14,90	17,50	-10,0	Punto en común K'- Lectura atrás [dm]			52,0	102,0	0,040	0,031	9,775	9,751	4	
		3	12,20	14,65	17,20	-5,0	hi	hm med	hs	50,0	100,0	0,015	0,006	9,750			
		2	11,02	13,52	16,08	7,0	12,0	14,5	17,0	50,6	100,6	-0,098	-0,107	9,637			
		1	11,00	13,50	16,08	8,0	Distancia parcial [m]			50,0	50,8	100,8	-0,100	-0,109			9,635
	E38'	4	12,35	14,98	17,60		Lectura adelante [dm]			52,5	102,0	0,028	0,018	9,726	9,751	2	
		3	12,30	14,78	17,25		hi	hm med	hs	49,5	99,0	0,008	-0,002	9,746			
		2	11,10	13,60	16,09		12,3	14,7	17,2	49,9	99,4	-0,111	-0,120	9,864			
		1	11,10	13,61	16,12		Distancia parcial [m]			49,5	50,2	99,7	-0,109	-0,118			9,863
Q'	E43	6	17,10	19,60	22,20	-39,0	Punto en común P'			51,0	95,5	-0,510	-0,519	9,243	9,302	6	
		5	15,70	17,90	20,10	-30,0	Lectura atrás [dm]			44,0	88,5	-0,340	-0,348	9,413			
		3	15,35	17,20	19,10	-20,0	hi	hm med	hs	37,5	82,0	-0,270	-0,278	9,484			
		1	15,20	16,90	18,70	-10,0	12,3	14,5	16,8	35,0	79,5	-0,240	-0,247	9,514			
		2	13,70	15,50	17,10	6,0	Distancia parcial [m]			34,0	78,5	-0,100	-0,107	9,654			
	E43'	4	14,00	15,70	17,50	9,0				44,5	35,0	79,5	-0,120	-0,127	9,634	9,545	3
		6	17,20	19,75	22,30		Lectura adelante [dm]			51,0	83,4	0,407	0,399	9,362			
		5	15,80	18,00	20,20		hi	hm med	hs	44,0	76,4	0,232	0,225	9,537			
		3	15,45	17,30	19,15		14,0	15,7	17,3	37,0	69,4	0,162	0,156	9,606			
		1	15,35	17,10	18,85		Distancia parcial [m]			35,0	67,4	0,142	0,136	9,626			
S'	E45	4	14,70	16,50	18,25	-18,0	Punto en común R'- Lectura atrás [dm]			35,5	55,5	0,160	0,155	10,103	9,943	4	
		2	14,83	16,49	18,10	-10,0	hi	hm med	hs	32,7	52,7	0,159	0,154	10,102			
		1	14,60	16,22	17,85	10,0	13,9	14,9	15,9	32,5	52,5	0,132	0,127	10,075			
		3	15,25	17,00	18,73	18,0	Distancia parcial [m]			20,0	34,8	54,8	0,210	0,205			10,153
	E45'	4	14,75	16,55	18,35		Lectura adelante [dm]			36,0	55,0	0,170	0,165	9,783	9,941	1	
2		14,95	16,58	18,20		hi	hm med	hs	32,5	51,5	0,173	0,168	9,781				
1		14,65	16,33	18,00		13,9	14,9	15,8	33,5	52,5	0,148	0,143	9,806				
Alc tipo 1 OESTE	E46	1	15,88	15,98	16,10		Punto en común Pto fijo			2,2	31,8	-0,108	-0,111	9,889	9,246	1	
		2	28,11	28,63	29,05		Lectura atrás [dm]			9,4	39,0	-1,373	-1,377	8,623			
		3	26,90	27,19	27,50		hi	hm med	hs	6,0	35,6	-1,229	-1,232	8,768			
		4	23,70	23,92	24,13		13,4	14,9	16,4	4,3	33,9	-0,902	-0,905	9,095			
		5	16,80	17,11	17,43		Distancia parcial [m]			6,3	35,9	-0,221	-0,224	9,776			
		6	23,49	23,78	24,00					29,6	5,1	34,7	-0,888	-0,891			9,109
		7	16,09	16,39	16,70					29,6	6,1	35,7	-0,149	-0,152			9,848
	E46'	1	28,20	29,00	29,80		Lectura adelante [dm]			6,1	35,1	1,401	1,398	8,602	9,099	4	
		2	28,20	28,65	29,10		hi	hm med	hs	16,0	45,0	1,366	1,362	8,638			
		3	27,00	27,28	27,55		13,6	15,0	16,5	9,0	38,0	1,229	1,225	8,775			
		4	23,82	23,99	24,16		Distancia parcial [m]			5,5	34,5	0,900	0,897	9,103			
		5	16,95	17,23	17,50					29,0	3,4	32,4	0,224	0,221			9,779
		6	23,60	23,90	24,20					29,0	5,5	34,5	0,891	0,888			9,112
		7	16,20	16,50	16,80					5,5	34,5	0,151	0,148	9,852	9,850	7	

Alc tipo 1 ESTE	E46	1	15,81	15,95	16,09	Punto en común Pto fijo			2,8	32,4	-0,105	-0,108	9,504	9,506	1
		2	25,84	25,96	26,08	Lectura atrás [dm]			2,4	32,0	-1,106	-1,109	8,503		
		3	26,10	25,71	26,48	hi	hm med	hs	3,8	33,4	-1,081	-1,084	8,528	8,504	2
		4	24,80	25,20	25,58	13,4	14,90	16,4	7,8	37,4	-1,030	-1,033	8,579		
		5	20,39	20,80	21,19	Distancia parcial [m]			8,0	37,6	-0,590	-0,593	9,019	8,500	3
		6	23,29	23,65	24,01	29,6			7,2	36,8	-0,875	-0,878	8,734		
		7	20,22	19,85	20,50				2,8	32,4	-0,495	-0,498	9,114	8,591	4
	1	15,90	16,05	16,20	Lectura adelante [dm]			2,8	31,8	0,106	0,103	9,509			
	2	25,98	26,09	26,20	hi	hm med	hs	3,0	32,0	1,110	1,107	8,505	9,024	5	
	3	26,30	26,41	26,52	13,6	14,99	16,5	2,2	31,2	1,142	1,139	8,473			
	4	24,50	25,10	25,70	Distancia parcial [m]			2,2	31,2	1,011	1,008	8,604	8,740	6	
	5	20,45	20,85	21,25	29,0			12,0	41,0	0,586	0,582	9,030			
	6	23,33	23,69	24,05				8,0	37,0	0,870	0,867	8,745	9,081	7	
	7	20,32	20,66	21,00				8,0	37,0	0,567	0,564	9,048			

CIERRE NIVELACIÓN	
Distancia Total [m]	25558,3
ϵ (suma Delta H Obs) [cm]	2,351
Tolerancia [cm]	15,17

3. MEMORIAS DE CÁLCULO

3.1. Cálculo Hidráulico

Se efectúa el cálculo de los caudales circulantes por cada tramo de las cunetas proyectadas, según lo indicado en el apartado 5- Proyecto Hidráulico, del informe del presente proyecto.

Se observan los resultados en la *Tabla 1*.

En función de las distintas cuencas incorporadas en cada tramo y cuencas aguas arriba se obtiene un área total, afectada por el coeficiente de escorrentía calculado en el apartado 5.6 del informe.

Se calcula un tiempo de concentración (T_c) mantiforme, que es el que tarda el agua precipitada en recorrer las longitudes no encauzadas en una subcuenca. A este se le suma el tiempo que tarda la misma en circular por la cuneta del tramo para obtener el tiempo de concentración del mismo.

Siempre se compara este último valor con el tiempo que tarda el agua en recorrer los tramos anteriores y el presente tramo, adoptando el mayor para contemplar la peor situación de toda el área aguas arriba aportando simultáneamente a la formación del caudal pico.

Con este valor final de T_c se obtiene la intensidad de lluvia con las curvas IDR y luego se aplica la fórmula del método racional para obtener el caudal.

Se observa en la fila $Q_{m\acute{a}x}/Q_{adm}$, que para la precipitación de diseño, en ningún tramo el caudal supera el máximo admisible.

Se recuerda que las cunetas proyectadas y subcuencas resultantes se pueden visualizar en el Plano 03 del Anexo 7, donde también se observa la nomenclatura de los distintos tramos.

AEROCLUB RUFINO											
Tramo	A-B	A-C	C-D	E-F	F-G	H-I	M-L	J-K	K-L	N-O	P-Q
Cuencas/Tramo aguas arriba			A2		A4				A6	A6-A7-A8	
A * C aguas arriba [Ha]			6.93		2.36				2.20	6.63	
TC aguas arriba [min]			139.17		58.48				115.35	80.51	
Tramo en estudio											
Cuenca incorporada	A1	A2	A3	A4		A5	A8	A6	A7		A10
Área cuenca [Ha]	16.85	26.87	4.54	9.17		27.84	7.06	8.55	10.11		1.71
C escorrentia	0.258	0.258	0.258	0.258		0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258
A*C [Ha]	4.34	6.93	1.17	2.36		7.18	1.82	2.20	2.61	0.00	0.44
A*C total [Ha]	4.34	6.93	8.10	2.36	2.36	7.18	1.82	2.20	4.81	6.63	0.44
Long no encauzada [m]	502.30	542.20	304.39	204.24		509.90	317.70	433.15	449.50		
Velocidad no encauzada [m/min]	4.20	4.20	4.20	4.20		4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20
TC mantiforme [min]	119.60	129.10	72.47	48.63		121.40	75.64	103.13	107.02		
Circulación por cuneta en tramo	A-B	A-C	C-D	E-F	F-G	H-I	M-L	J-K	K-L	N-O	P-Q
Longitud en cuneta [m]	306.00	142.00	196.00	138.00	364.20	168.36	30.00	134.94	282.30		
Pendiente	0.10%	0.10%	0.10%	0.11%	0.10%	0.10%	0.45%	0.15%	0.21%	0.10%	0.20%
Material	SUELO										
n Manning	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Altura[m]	0.76	0.51	0.90	0.43	0.80	0.90	1.65	0.89	1.65	1.95	0.59
Pendiente m1	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Pendiente m2	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Área [m2]	2.57	1.17	3.61	0.82	2.87	3.63	12.21	3.56	12.21	17.13	1.56
Perímetro [m]	6.99	4.71	8.28	3.95	7.39	8.30	15.23	8.23	15.23	18.04	5.44
Radio Hidráulico [m]	0.37	0.25	0.44	0.21	0.39	0.44	0.80	0.43	0.80	0.95	0.29
Caudal admisible [m3/s]	1.67	0.58	2.63	0.38	1.94	2.64	28.23	3.16	19.40	20.93	1.21
Velocidad [m/s]	0.42	0.47	0.49	0.45	0.42	0.48	0.65	0.43	0.59	0.51	0.48
Velocidad mínima [m/s]	0.34	0.37	0.38	0.34	0.33	0.37	0.27	0.29	0.32	0.40	0.27
Velocidad/Velocidad minima	1.24	1.29	1.30	1.32	1.25	1.29	2.41	1.50	1.83	1.29	1.76
Velocidad erosiva [m/s]	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.75	0.85	0.75	0.75	0.85
Velocidad erosiva/vel [m/s]	2.04	1.80	1.74	1.91	2.03	1.77	1.16	1.96	1.28	1.47	1.76
TC en cuneta [min]	6.00	2.78	3.84	2.71	7.14	3.30	0.67	2.65	6.27	0.00	0.00
TC cuenca [min]	125.60	131.88	76.32	51.33	7.14	124.71	76.31	105.78	113.30	0.00	0.00
TC total [min]	125.60	131.88	139.17	51.33	58.48	124.71	76.31	105.78	115.35	80.51	0.00
Duración min [min]	125.60	131.88	139.17	51.33	58.48	124.71	76.31	105.78	115.35	80.51	10.00
Intensidad [mm/h]	24.72	23.78	22.79	48.54	44.21	24.86	36.33	28.29	26.43	34.89	123.71
Caudal [m3/s]	0.30	0.46	0.51	0.32	0.29	0.50	0.18	0.17	0.35	0.64	0.15
n*Q/(I^{1/2})	0.24	0.36	0.41	0.24	0.23	0.39	0.07	0.11	0.19	0.51	0.08
A*(R^{2/3})	0.24	0.36	0.40	0.24	0.23	0.39	0.07	0.11	0.19	0.51	0.08
Tirante [m]	0.40	0.46	0.48	0.40	0.39	0.48	0.25	0.30	0.37	0.53	0.26
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q4	Q5	Q8	Q6	Q7	Q9	Q10
Q adm / Q lluvia	560%	128%	512%	120%	667%	533%	15366%	1825%	5492%	3257%	798%
Circulación por cuneta en tramo siguiente		C-D		F-G			N-O	K-L	N-O		
Longitud en cuneta [m]		372		364.2			189	431	189		
Pendiente		0.10%		0.10%			0.10%	0.21%	0.10%		
Material		SUELO		SUELO			SUELO	SUELO	SUELO		
n Manning		0.025		0.025			0.025	0.025	0.025		
Altura[m]		0.90		0.80			1.95	1.65	1.95		
Pendiente m1		6.00		6.00			6.00	6.00	6.00		
Pendiente m2		3.00		3.00			6.00	3.00	6.00		
Área [m2]		3.61		2.87			22.84	12.21	22.84		
Perímetro [m]		8.28		7.39			23.73	15.23	23.73		
Radio Hidráulico [m]		0.44		0.39			0.96	0.80	0.96		
Caudal admisible [m3/s]		2.63		1.94			28.16	19.40	28.16		
Velocidad máx [m/s]		0.85		0.85			0.75	0.75	0.75		
TC en cuneta [min]		7.29		7.14			4.20	9.58	4.20		
TC tramo siguiente [min]		139.17		58.48			80.51	115.35	119.55		

Tabla 1 - Cálculo de caudales

Parámetros fórmula Sherman Intensidad de lluvia			
a	b	c	d
1229.5	11	0.86	0.2

Decreto 4841/2012		
	m/s	m/min
V semienc	0.7	42
V enc	0.6	36
V enc hormi	1.4	84
V mantiform	0.07	4

V adm [m/s]	
R < 0,50 m	R > 0,50 m
0.85	0.75

Coefficiente de escorrentía ponderado	0.26
---------------------------------------	------

Cuenca	Área [m2]	Área [Ha]	L NE [m]	L E [m]
A1	168460.92	16.85	502.3	306
A2	268748.9	26.87	542.2	142
A3	45446.27	4.54	304.39	196
A4	91662.13	9.17	204.24	138
A5	278417.97	27.84	509.9	168.36
A6	85483.66	8.55	433.15	134.94
A7	101070	10.107	449.5	282.3
A8	70609.9	7.06099	317.7	30
A9	63198.25	6.32	246.630	301.14
A10	17091.24	1.71	186.530	51.15
A11	86429	8.64	405.800	227
A12	7521.63	0.75	85.46	44.1
A13	37971.8	3.80	145	398.3
A14	5127.89	0.51	93.59	42.9
A15	10483.44	1.05	159.070	39.68
A16	21588.6	2.16	142.14	185.72
A17	10009.61	1.00	141.84	74.12

Tabla 1 - Cálculo de caudales

	AEROCLUB RUFINO				
Tramo	R-S	S-T	U-V	W-X	Y-Z
Cuencas/Tramo aguas arriba		A11			
A * C aguas arriba [Ha]		1.43			
TC aguas arriba [min]		180.83			
Tramo en estudio					
Cuenca incorporada	A11	A12	A13	A14	A15
Área cuenca [Ha]	5.55	3.10	4.55	0.51	1.05
C escorrentia	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258
A*C [Ha]	1.43	0.80	1.17	0.13	0.27
A*C total [Ha]	1.43	2.23	1.17	0.13	0.27
Long no encauzada [m]	315.00	276.00	145.00	93.59	159.07
Velocidad no encauzada [m/min]	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
TC mantiforme [min]	175.00	153.33	80.56	51.99	88.37
Circulación por cuneta en tramo	R-S	S-T	U-V	W-X	Y-Z
Longitud en cuneta [m]	200.00	148.00	398.30	42.90	39.68
Pendiente	0.20%	0.10%	0.20%	0.30%	0.10%
Material	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO
n Manning	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Altura[m]	0.61	0.83	0.96	0.32	0.35
Pendiente m1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pendiente m2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Área [m2]	0.37	0.69	0.92	0.10	0.12
Perímetro [m]	1.73	2.35	2.72	0.91	0.99
Radio Hidráulico [m]	0.22	0.29	0.34	0.11	0.12
Caudal admisible [m3/s]	0.24	0.38	0.80	0.05	0.04
Velocidad [m/s]	0.32	0.37	0.40	0.13	0.13
Velocidad mínima [m/s]	0.26	0.28	0.27	0.24	0.25
Velocidad/Velocidad mínima	1.23	1.31	1.46	0.53	0.54
Velocidad adm [m/s]	0.64	0.56	0.87	0.51	0.31
Velocidad erosiva [m/s]	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Velocidad erosiva/vel [m/s]	2.66	2.31	2.15	6.65	6.32
TC en cuneta [min]	5.18	4.42	7.63	1.40	2.11
TC cuenca [min]	180.18	157.75	88.18	53.39	90.48
TC total [min]	180.18	180.83	88.18	53.39	90.48
Duración min [min]	180.18	180.83	88.18	53.39	90.48
Intensidad [mm/h]	18.51	18.46	32.55	47.20	31.92
Caudal [m3/s]	0.07	0.11	0.11	0.02	0.02
n*Q/(I^{1/2})	0.04	0.09	0.06	0.01	0.02
A*(R^{2/3})	0.04	0.09	0.06	0.01	0.02
Tirante [m]	0.23	0.31	0.27	0.14	0.18
	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
Q adm / Q lluvia	325%	336%	756%	303%	161%
Circulación por cuneta en tramo siguiente	S-T				
Longitud en cuneta [m]	219				
Pendiente	0.1				
Material	SUELO				
n Manning	0.025				
Altura[m]	0.83				
Pendiente m1	1				
Pendiente m2	1				
Área [m2]	0.69				
Perímetro [m]	2.35				
Radio Hidráulico [m]	0.29				
Caudal admisible [m3/s]	3.85				
Velocidad erosiva [m/s]	5.59				
Velocidad erosiva/vel [m/s]	8.11				
TC en cuneta [min]	0.65				
TC tramo siguiente [min]	180.83				

Tabla 1 - Cálculo de caudales

3.1.2 Cálculo hidráulico de Alcantarillas

Ya realizado el cálculo hidrológico, procedemos con el hidráulico para la determinación de las secciones de las alcantarillas. La ubicación de las mismas se puede observar en el plano

El cálculo hidráulico de la alcantarilla se hace generalmente suponiendo un comportamiento con control de entrada. Esto implica que aguas arriba se eleva el pelo de agua mediante una curva de remanso. Para evitar que este ahogue la entrada del conducto, las dimensiones de la sección transversal del conducto se eligen iterando de manera que la altura de remanso se encuentre entre un 80% y 90 % de la altura del conducto.

Se dimensionan secciones rectangulares de hormigón utilizando el plano tipo "O-41211-I Modificado.

En nuestro caso en particular, se dimensiona la pista considerando una aeronave cessna citation XL, la cual pesa 5.1 tn (vacía) y se considera una carga máxima de despegue para la misma de 9.2 tn. Del lado de la seguridad se adopta la alcantarilla tipo C para aplanadora de 30 tn y con ella se determina la tapada máxima.

Caudal de diseño:

ALC 1

$$Q = Q9 = 0,64 \text{ m}^3/\text{s}$$

Alternativa 1:

En primera instancia se determina la relación Y/H considerando una altura de 1m y luz de 1 m (altura mínima para limpieza de forma accesible).

ALCANTARILLA AC1		
Alternativa 1		
Alcantarilla rectangular - O-41211		
Q:	0.64	[m ³ /s]
Luz - L:	1.00	[m]
Altura - H:	1.00	[m]
Cantidad:	1.00	
Q/L:	0.64	[m ³ /s/m]
Y:	0.59	[m]
Relación Y/H:	0.59	

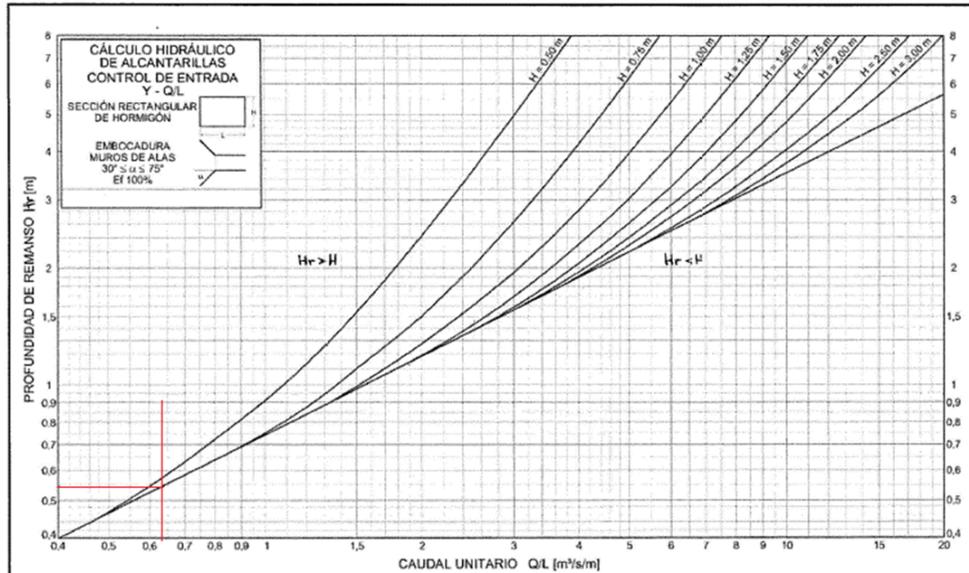


Figura 3.1.1. Obtención H_r .

Si bien la relación Y/H es inferior a 0,8, lo que indica que la alcantarilla no trabaja de la manera más adecuada.

Alternativa 2:

Se propone la altura mínima de 1 m y una luz de 2 m.

ALCANTARILLA AC1		
Alternativa 2		
Alcantarilla rectangular - O-41211		
Q:	0.64	[m³/s]
Luz - L:	2.00	[m]
Altura - H:	1.00	[m]
Cantidad:	1.00	
Q/L:	0.32	[m³/s/m]
Y:	0.4	[m]
Relación Y/H:	0.40	

Si bien la relación Y/H resulta aún más chica, se adopta dicha luz para facilitar la limpieza de la alcantarilla debido a la extensa longitud que se requiere para atravesar la calle de rodaje.

En cuanto a las tapadas máximas y mínimas se tiene:

- $T_{máx} = 3.25$ m
- $T_{mín} = 0.4$ m

El perfil de desagüe de la alcantarilla puede observarse en el **Plano 07** en el **Anexo 7**.

3.2. Cálculo estructural Cubierta entre Barracas

A continuación se presenta el diseño y separaciones adoptadas para el cálculo de los diferentes elementos estructurales a considerar:

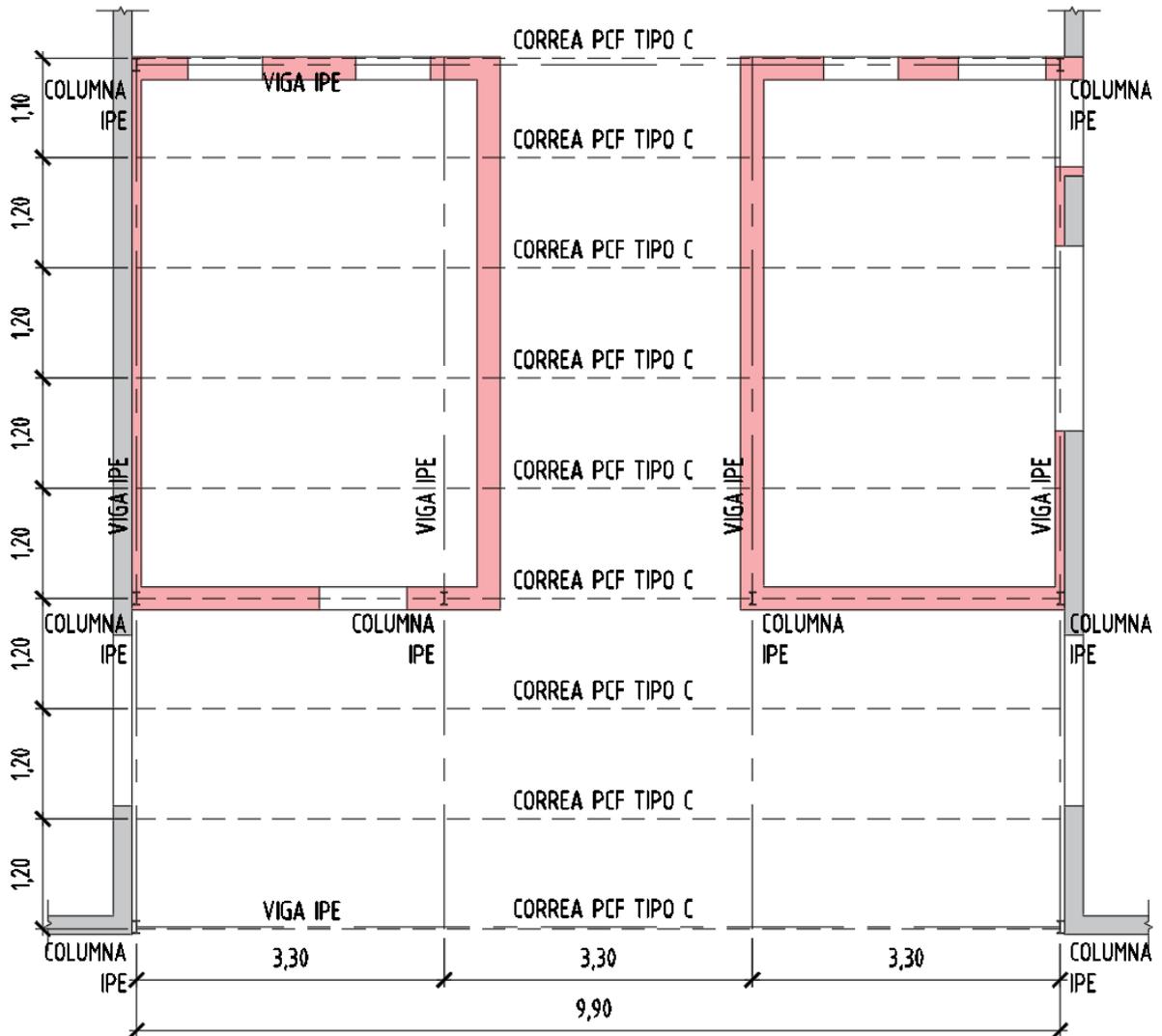


Figura 14.3.1 - Elementos estructurales de la cubierta del sector entre barracas y sus separaciones. Vista en planta.

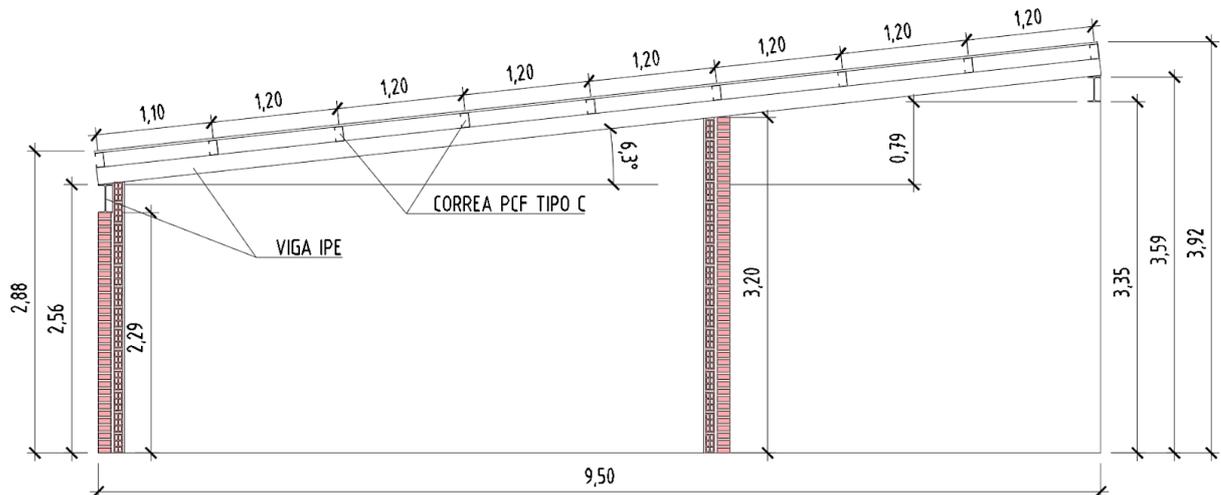


Figura 14.3.2 - Elementos estructurales de la cubierta del sector entre barracas y sus separaciones. Vista en corte.

Como puede observarse en las figuras 14.3.1 y 14.3.2, se parte de las siguientes consideraciones geométricas:

DATOS DE PARTIDA	
Altura máxima [m]	4.00
Altura mínima [m]	2.96
Separación entre correas [m]	1.20
Luz máxima correas [m]	3.30
Luz total vigas [m]	9.50
Ángulo cubierta α [°]	6.30
Pendiente de la cubierta [%]	10.95

3.2.1. Cargas

Para el cálculo estructural se consideran los estados de carga en servicio y últimos obtenidos de las combinaciones de sobrecarga, viento y peso propio de los elementos estructurales y de cerramiento.

La **sobrecarga de cubierta** por metro cuadrado de proyección horizontal L_r se obtiene como indica el CIRSOC 101 en su apartado 4.9.

$$L_r = 0,96 R_1 R_2 \quad \text{con } 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

Los factores de reducción R_1 y R_2 son:

- $R_1 = 1$ para $A_t \leq 19 \text{ m}^2$
- $R_1 = 1,2 - 0,01076 A_t$ para $19 \text{ m}^2 < A_t < 56 \text{ m}^2$
- $R_1 = 0,6$ para $A_t \geq 56 \text{ m}^2$
- $R_2 = 1$ para $F \leq 4$

- $R2 = 1,2 - 0,05 F$ para $4 < F < 12$
- $R2 = 0,6$ para $F \geq 12$

CÁLCULO DE SOBRECARGA DE CUBIERTA - C&R	
Área tributaria [m ²]	3.96
R1	1
F	1.39
R2	1
Lr [kN/m ²]	0.96

En cuanto a la acción del **viento**, se tienen los siguientes datos:

UBICACIÓN	Rufino	
CATEGORÍA	II	
EXPOSICIÓN	C	
VELOCIDAD BÁSICA	V	50 m/s
TOPOGRÁFICO	kzt	1
DIRECCIONALIDAD	Kd	0.85
IMPORTANCIA	I	1
FACTOR DE RÁFAGA	G	0.85
INCLINACIÓN CUBIERTA	θ	6.3
CTE DE EXP. DEL TERRENO	zg	274 m
EXPONENTE α	α	9.5
ALTURA ALERO	h1	2.96 m
ALTURA MÁXIMA	h2	4.00 m
ALT MEDIA CUBIERTA	h	2.96 m
COEF DE PRESION INTERNA	GCpi	0.55

La presión del viento en la estructura se obtiene de la siguiente expresión:

$$P = qz \times GCp - qi \times GCpi$$

$$qi = 0,613 \times Kzt \times Kd \times V^2 \times I \times Kz \rightarrow \text{Presión dinámica interna}$$

El único parámetro no conocido para la obtención de la presión dinámica interna es el Kz . Para determinar el mismo se ingresa en la Tabla 5 del Reglamento CIRSOC 102 y se utiliza el caso 1 correspondiente a la exposición C:

$$Kz = 2,01 \times \left(\frac{5}{zg}\right)^{2/\alpha}$$

h [m]	Kz	q [kN/m ²]
2.96	0.87	1.13

Para las presiones de diseño se tiene:

- Presión de diseño para componentes y revestimientos

$$p = qh \times [(GCp) - (GCpi)] \rightarrow Ec 18, capítulo 5$$

h	2.96 m
qh	1.13KN/m2
Luz correas cubierta	3.30 m
Separación entre correas techo	1.20 m

Área Efectiva (cubierta)	Luz*sep correas =	4.0 m2	Aef adoptada	4.0 m2
	Luz*(Luz/3) =	3.6 m2		

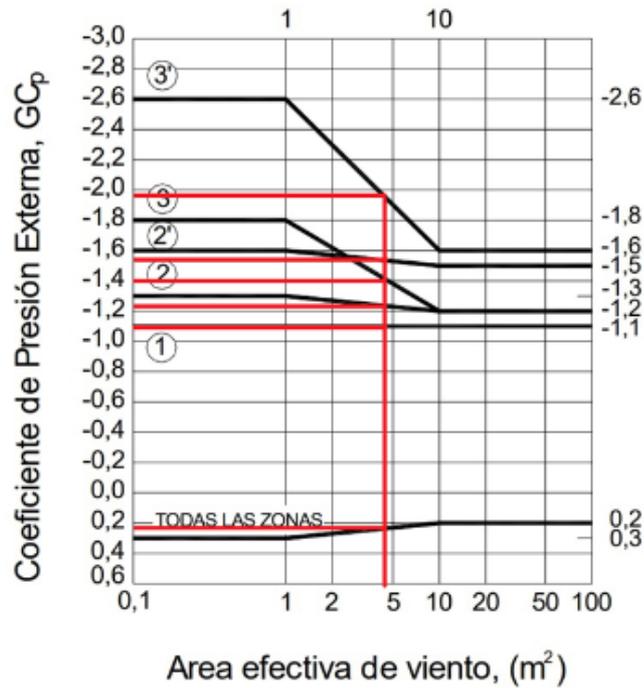


Figura 14.3.3 - Coeficientes de presión externa, GCp, para cada zona en función del área efectiva de viento.

Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m2]	P - [kN/m2]
1	0.22	-1.10	0.87	-1.86
2	0.22	-1.20	0.87	-1.97
2'	0.22	-1.55	0.87	-2.37
3	0.22	-1.40	0.87	-2.20
3'	0.22	-1.98	0.87	-2.85

- Presión de diseño para sistema principal de edificios de baja altura

$$p = qh \times [(GCpf) - (GCpi)]$$

Viento perpendicular a la cumbrera

L	9.50 m
B	10.00 m
h	2.20 m
L/B	0.95
h/L	0.23

Cara	z	q [kN/m ²]	Cp	qz.(G.Cp)	qi.(GCpi)	P pres int [kN/m ²]	P succ int [kN/m ²]
0 a h/2	2.56 m	1.13	-0.90	-0.86	0.62	-1.48	-0.24
h/2 a h	2.56 m	1.13	-0.90	-0.86	0.62	-1.48	-0.24
h a 2h	2.56 m	1.13	-0.50	-0.48	0.62	-1.10	0.14
>2h (>5,85)	2.56 m	1.13	-0.30	-0.29	0.62	-0.91	0.33

Viento paralelo a la cumbrera:

L	10.00 m
B	9.50 m
h	2.96 m
L/B	1.05
h/L	0.30

Cara	z	q [kN/m ²]	Cp	qz.(G.Cp)	qi.(GCpi)	P pres int [kN/m ²]	P succ int [kN/m ²]
0 a h/2	2.96 m	1.13	-0.90	-0.86	0.62	-1.48	-0.24
h/2 a h	2.96 m	1.13	-0.90	-0.86	0.62	-1.48	-0.24
h a 2h	2.96 m	1.13	-0.50	-0.48	0.62	-1.10	0.14
>2h	2.96 m	1.13	-0.30	-0.29	0.62	-0.91	0.33

Obtenidas las cargas correspondientes a la sobrecarga y a la acción del viento, se procede a realizar la verificación de resistencia y de deformación de los elementos estructurales. Para ello se tiene en cuenta que la chapa se clava sobre correas, las cuales a su vez cargan sobre vigas perpendiculares a estas. Para las correas se adoptan perfiles laminados tipo C y para las vigas perfiles IPE.

Se deben tomar para las combinaciones, las cargas en dirección perpendicular al plano de la cubierta.

$$qD = D * \cos(\alpha)$$

$$qLr = Lr * \cos^2(\alpha)$$

3.2.2. Verificaciones en servicio y en estado último

3.2.2.1. Componentes y revestimientos

Verificación de la chapa

Se presentan a continuación tablas con los datos y cálculos realizados para verificar la chapa adoptada tanto a succión y como a presión.

DATOS CHAPA ACANALADA	
Peso propio qD [kg/m ²]	6.96
Peso propio qD [kN/m ²]	0.0696
Ancho útil [m]	1.026
Paso de la chapa [m]	0.076

CARGAS NOMINALES		
qD [kN/m ²]		0.069
qLr [kN/m ²]		0.948
qWp [kN/m ²]		0.868
qWs [kN/m ²]		-2.852
COMBINACIONES DE SERVICIO		
S1) D + Lr [kN/m ²]		1.018
S2) D + W [kN/m ²]	Wp	0.937
	Ws	-2.782
S3) D + 0,7(Lr + W) [kN/m ²]	Wp	1.341
	Ws	-1.263
COMBINACIONES ÚLTIMAS		
U1) 1,2D + 1,6Lr + 0,8W [kN/m ²]	Wp	2.295
	Ws	-0.681
U2) 1,2D + 0,5Lr + 1,5W [kN/m ²]	Wp	1.859
	Ws	-3.720
U3) 0,9D + 1,5W [kN/m ²]	Wp	1.364
	Ws	-4.215

Puede observarse que la máxima carga en servicio de succión es de -2,782 kN/m², y en presión 1,341 kN/m². Estos valores se comparan con los máximos, tanto por flexión como por flecha, dados por el fabricante para verificar la resistencia de la chapa, considerando la separación entre correas adoptada de 1,20m.

SOBRECARGA GRAVITATORIA O VIENTO PRESION																							
CARGA MAXIMA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EXPRESADA EN KN/m ² (1) PARA DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m - FLECHA MAXIMA: L / 200																							
Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00		1.10		1.20		1.30		1.40		1.50		1.60		1.70		1.80		1.90		2.00	
		FLEXION	FLECHA																				
0.41		2.31	1.56	1.90	1.16	1.59	0.88	1.35	0.69	1.16	0.54	1.00	0.43	0.88	0.35	0.77	0.29	0.69	0.24	0.61	0.19	0.55	0.16
		2.31	3.79	1.90	2.84	1.59	2.18	1.35	1.71	1.16	1.36	1.00	1.10	0.88	0.90	0.77	0.74	0.69	0.62	0.61	0.52	0.55	0.44
0.50		2.80	1.90	2.31	1.41	1.93	1.08	1.64	0.84	1.41	0.66	1.22	0.53	1.07	0.43	0.94	0.35	0.83	0.29	0.74	0.24	0.67	0.20
		2.80	4.62	2.31	3.46	1.93	2.66	1.64	2.08	1.41	1.66	1.22	1.34	1.07	1.09	0.94	0.90	0.83	0.75	0.74	0.63	0.67	0.54
0.71		3.94	2.70	3.24	2.01	2.71	1.53	2.30	1.19	1.98	0.94	1.71	0.75	1.50	0.61	1.32	0.50	1.17	0.41	1.04	0.34	0.93	0.28
		3.94	6.58	3.24	4.92	2.71	3.78	2.30	2.96	1.98	2.35	1.71	1.90	1.50	1.56	1.32	1.29	1.17	1.07	1.04	0.90	0.93	0.76

(1) Se considera un ancho de influencia de 1.00 m

Figura 14.3.4 - Carga máxima admisible uniformemente repartida para sobrecarga gravitatoria o viento de presión.

VIENTO SUCCION																							
CARGA MAXIMA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EXPRESADA EN KN/m ² (1) PARA DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m - FLECHA MAXIMA: L / 200																							
Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00		1.10		1.20		1.30		1.40		1.50		1.60		1.70		1.80		1.90		2.00	
		FLEXION	FLECHA																				
0.41		2.39	1.63	1.98	1.24	1.67	0.96	1.43	0.76	1.24	0.62	1.08	0.51	0.96	0.43	0.85	0.36	0.76	0.31	0.69	0.27	0.63	0.24
		2.39	3.87	1.98	2.92	1.67	2.26	1.43	1.78	1.24	1.44	1.08	1.17	0.96	0.97	0.85	0.82	0.76	0.70	0.69	0.60	0.63	0.52
0.50		2.90	1.99	2.40	1.51	2.03	1.17	1.73	0.93	1.50	0.76	1.31	0.62	1.16	0.52	1.03	0.44	0.93	0.38	0.84	0.33	0.76	0.29
		2.90	4.72	2.40	3.56	2.03	2.75	1.73	2.17	1.50	1.75	1.31	1.43	1.16	1.19	1.03	1.00	0.93	0.85	0.84	0.73	0.76	0.63
0.71		4.07	2.83	3.37	2.14	2.85	1.67	2.44	1.33	2.11	1.07	1.85	0.89	1.63	0.74	1.45	0.63	1.30	0.54	1.18	0.47	1.07	0.41
		4.07	6.71	3.37	5.06	2.85	3.91	2.44	3.09	2.11	2.49	1.85	2.04	1.63	1.69	1.45	1.42	1.30	1.21	1.18	1.04	1.07	0.90

(1) Se considera un ancho de influencia de 1.00 m

Figura 14.3.5 - Carga máxima admisible uniformemente repartida para viento de succión.

VERIFICACIÓN DE LA CHAPA			
Succión		Presión	
qmax [kN/m ²]	-2.782	qmax [kN/m ²]	1.341
Máx adm por flexión [kN/m ²]	2.85	Máx adm por flexión [kN/m ²]	2.71
Máx adm por flecha [kN/m ²]	3.91	Máx adm por flecha [kN/m ²]	3.78
Verifica		Verifica	

Verificación de las correas

Se adopta un perfil conformado en frío tipo C 140x80x30x3,2 y se realizan las verificaciones correspondientes de resistencia y deformación. Se considera que las correas trabajan como simplemente apoyadas. Para lograr esto, se realizan agujeros ovalados en un extremo. Se evaluarán ELS (flecha) y ELU (resistencia).

DATOS DEL PERFIL			
Perfil adoptado		C 140x80x30x3,20	
Ht[mm]	140	Jx[cm ⁴]	340.27
Bt[mm]	80	Sx[cm ³]	48.61
Dt[mm]	30	Fy[kN/cm ²]	23.5
t[mm]	3.2	Peso [kN/m ³]	7800
a[cm ²]	10.85	Peso [kN/m]	0.0846

La flecha máxima para deformaciones verticales se obtiene de la tabla A-L.4.1 del reglamento.

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO			
L [cm]		330	
f adm = L / 200 [cm]		1.650	
J [cm ⁴]		340.270	
Ancho de influencia [cm]		120	
Flecha → $f = (5/384)(q \times L^4)/(E \times J)$			
S1	q [kN/m]		1.102
	f [cm]		0.250
S2	Wp	q [kN/m]	1.209
		f [cm]	0.274
	Ws	q [kN/m]	-3.255
		f [cm]	-0.739
S3	Wp	q [kN/m]	1.693
		f [cm]	0.384
	Ws	q [kN/m]	-1.431
		f [cm]	-0.325
f/fadm	-0.15	VERIFICA	

Se verifican las correas a flexión tanto para presión como succión a partir del reglamento CIRSOC 303, teniendo en cuenta que los perfiles adoptados poseen labios y alas totalmente efectivos en flexión y compresión y almas totalmente efectivas en flexión para la mayor inercia, para lo cual no es necesario la verificación a pandeo local. Además, como se tienen vigas de un tramo con $d < 165$ mm, se aplica un factor de reducción R de 0,70.

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS			
L [cm]		330	
Alternativa arriostrada a chapeado PRESIÓN			
Md = 0,9 * Sx * Fy [kNcm]		1028.102	
Mu = q * l ² / 8			
U1	Wp	q [kN/m]	2.855
		Mu [kNcm]	388.597
U2	Wp	q [kN/m]	2.332
		Mu [kNcm]	317.411
U3	Wp	q [kN/m]	1.713
		Mu [kNcm]	233.122
Mu/Md	0.38	VERIFICA	
Alternativa arriostrada a chapeado SUCCIÓN			
R		0.7	
Md = 0,9 * R * Sx * Fy [kNcm]		719.67	
Mu = q * l ² / 8			
U1	Ws	q [kN/m]	-0.72
		Mu [kNcm]	-97.45
U2	Ws	q [kN/m]	-4.36
		Mu [kNcm]	-593.93
U3	Ws	q [kN/m]	-4.98
		Mu [kNcm]	-678.22
Mu/Md	0.94	VERIFICA	

3.2.2.2. Sistema Principal

Verificación de la vigas V01

Para las vigas V01 continuas se adoptan perfiles IPE 160. Las mismas se apoyan en sus extremos en otras vigas IPE y tienen un apoyo intermedio sobre columnas IPE, conformando una viga continua de un tramo de 3,60m y otro de 5,90m. Como se trata de una estructura hiperestática, para obtener esfuerzos y deflexiones se utiliza el software de cálculo STAAD.Pro.

DATOS DEL PERFIL			
PERFIL ADOPTADO		IPE 160	
d[mm]	160	Sx[cm ³]	109
bf [mm]	82	Sy[cm ³]	16.7
tf[mm]	7.4	Peso [kN/m ³]	7800
tw[mm]	5	Peso [kN/m]	0.157
hw[mm]	127	Zx[cm ⁴]	124
Ag [cm ²]	20.1	Zy[cm ⁴]	26
Ix[cm ³]	869	E [kN/cm ²]	20000
ry [cm]	1.84	Fy[kN/cm ²]	23.5

CARGAS NOMINALES		
D	PP Vigas [kN/m]	0.156
	PP Chapa [kN/m]	0.228
	PP Correas [kN/m]	0.263
Lr	Lr*ancho de influencia [kN/m]	3.130
W	WNPP (Presión) [kN/m]	0.465
	WNPS (Succión) [kN/m]	-4.891

Estas cargas se introducen en el software y se crean las siguientes combinaciones:

COMBINACIONES ÚLTIMAS	
U1) 1,4 D	U9) 1.2 D + 1.6 Lr1 + 0.8 WNPP
U2) 1,2 D + 1,6 Lr	U10) 1.2 D + 1.6 Lr2 + 0.8 WNPP
U3) 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WNPP	U11) 1.2 D + 1.6 Lr1 + 0.8 WNPS
U4) 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WNPS	U12) 1.2 D + 1.6 Lr2 + 0.8 WNPS
U5) 0,9 D + 1,5 WNPP	U13) 1.2 D + 0.5 Lr1 + 1.5 WNPP
U6) 0,9 D + 1,5 WNPS	U14) 1.2 D + 0.5 Lr2 + 1.5 WNPP
U7) 1.2 D + 1.6 Lr1	U15) 1.2 D + 0.5 Lr2 + 1.5 WNPS
U8) 1.2 D + 1.6 Lr2	U16) 1.2 D + 0.5 Lr2 + 1.5 WNPS
COMBINACIONES DE SERVICIO	
S1) D + WNPP	S3) D + 0,7 (Lr + WNPP)
S2) D + WNPS	S4) D + 0,7 (Lr + WNPS)

Donde:

- Lr1: Sobrecarga aplicada sobre el tramo de 3,6 m de viga.
- Lr2: Sobrecarga aplicada sobre el tramo de 5,9 m de viga.
- WNPP: Carga de viento normal a la cumbrera de presión.
- WNPS: Carga de viento normal a la cumbrera de succión.

Se procesan estos datos y se utiliza el valor de momento máximo obtenido para la verificación en estado límite último y el valor de la máxima flecha para la verificación en servicio del perfil propuesto.

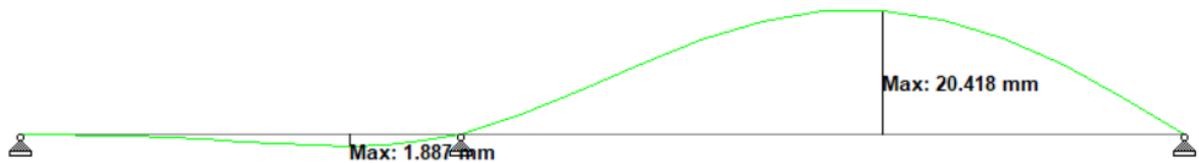


Figura 14.3.6 - Diagrama de desplazamientos determinante (S2).

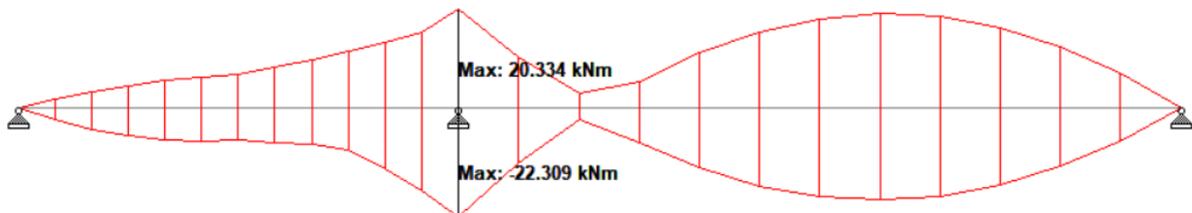


Figura 14.3.7 - Envolvente de Momentos Flectores.

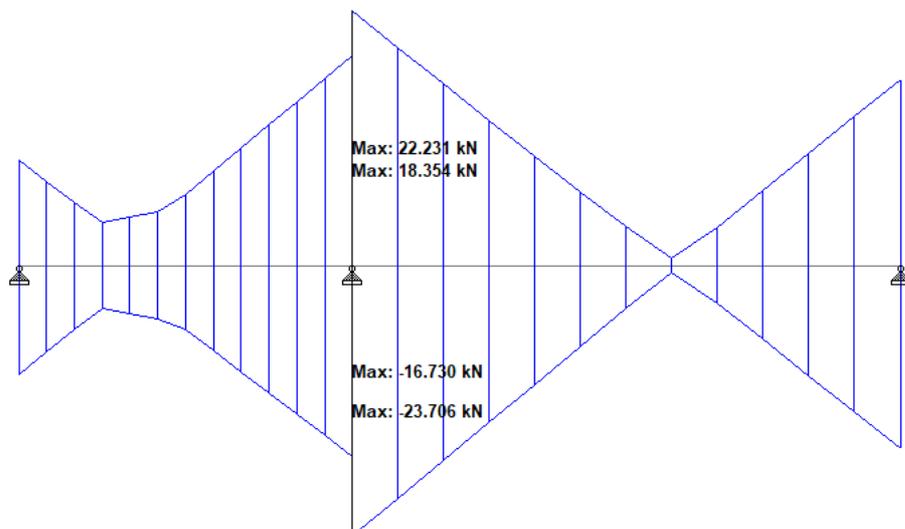


Figura 14.3.8 - Envolvente de Corte.

La flecha máxima para deformaciones verticales se obtiene de la tabla A-L.4.1 del reglamento.

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO		
L [cm]		590
f adm = L / 200 [cm]		2.95
Ancho de influencia [cm]		330
S2) D + WNPS [kN/m]		f [cm] 0.020
f/fadm	0.01	VERIFICA

Se realiza el dimensionamiento a flexión, verificando por un lado el pandeo local tanto del alma como del ala del perfil a partir de la tabla B.5.1 del reglamento CIRSOC 301. A su vez se obtiene el momento nominal a flexión a partir de lo que se prescribe en el apartado F.1

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS		
FLEXIÓN		
ESTADO DET. U3) 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WNPP		
Mu [kNcm]		2230.900
Cálculo del momento nominal por plastificación		
Momento flector elástico: $M_y = S_x F_y$		2561.500
Momento flector plástico: $M_p = Z_x F_y$		2914.000
Resistencia nominal a flexión: $M_n \text{ plast} =$		2914.000
Verificación abollamiento		
Verificación pandeo local del ala		
Relación de esbeltez del ala: $\lambda = bf/(2 tf) =$		5.541
Relación de esbeltez del ala límite: $\lambda_p =$		11.086
Verifica pandeo local ($\lambda_p > \lambda$)?		Sí
Verificación pandeo local del alma		
Relación de esbeltez del alma: $\lambda = hw/tw =$		25.400
Relación de esbeltez del alma límite: $\lambda_p =$		109.690
Verifica pandeo local ($\lambda_p > \lambda$)?		Sí
Cálculo del momento nominal por pandeo lateral torsional		
(Con carga aplicada en el ala superior)		
Lp		95.000
X1 [kN/cm ²]		1913.200
X2 [MPa-2]		5.770
Tensión residual Comp en el ala: Fr [kN/cm ²]		6.900
FL = Fy - Fr		16.600
Lr		272.000
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb		120.000
Mr = FL * Sx		1809.400
Cb		1
Mplt (para Lp < Lb < Lr) = Mp [kNcm]		2757.983
Resistencia a flexión		
Mn = mín (Mn plast; Mn plt) [kNcm]		2757.983
Factor de minoración de resistencia por flexión ϕ		0.9
Resistencia de diseño a flexión: Md		2482.185
Mu/Md	0.899	VERIFICA

Donde:

- $M_n = C_b * (M_p - (M_p - M_r) * (\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p})) \leq M_p$ para $L_p < L_b < L_r$
- $M_d = \phi * M_n$

Se verifica la sección a corte a partir del apartado F.2 del reglamento.

CORTE		
Vu [kN]		23.706
h/tw límite inferior		71.474
h/tw límite superior		89.561
Área del alma: Aw [cm ²]		6.350
Resistencia nominal al corte Vn [kN]		89.535
Factor de minoración de resistencia por corte ϕ		0.900
Resistencia de diseño al corte Vd [kN]		80.582
Vu/Vd	0.294	VERIFICA

Donde:

- *límite inferior* $h/tw = 2,45 * \sqrt{E/F_y}$
- *límite superior* $h/tw = 3,07 * \sqrt{E/F_y}$
- $V_n = 0,6 F_{yw} * A_w$ para $h/tw \leq 2,45 * \sqrt{E/F_y}$
- $V_n = 0,6 F_{yw} * A_w * 2,45 * \sqrt{E/F_y} / (h/tw)$ para $2,45 * \sqrt{E/F_y} \leq h/tw \leq 3,07 * \sqrt{E/F_y}$
- $V_d = \phi * V_n$

Verificación de la vigas V02 y V03

Las vigas V02 y V03 reciben las cargas de las vigas V01 perpendiculares calculadas anteriormente y se apoyan sobre columnas IPE.

Para la viga V02 se adoptan perfiles IPE 270 y para la viga V03 perfiles IPE 240. Se realizan las verificaciones correspondientes de resistencia y deformación.

Viga V02

DATOS DEL PERFIL			
Perfil adoptado		IPE 270	
d[mm]	270	Sx[cm ³]	429
bf [mm]	135	Sy[cm ³]	62.2
tf[mm]	10.2	Peso [kN/m ³]	7800
tw[mm]	6.6	Peso [kN/m]	0.36
hw[mm]	219	Zx[cm ⁴]	484
Ag [cm ²]	45.9	Zy[cm ⁴]	96
Ix[cm ³]	5790	E [kN/cm ²]	20000
ry [cm]	3.02	Fy[kN/cm ²]	23.5

Las cargas a las cuales se encuentra sometida la viga se obtienen de las reacciones de las vigas V01 considerando las distintas combinaciones en servicio y últimas. Se realizan las verificaciones con los valores máximos obtenidos.

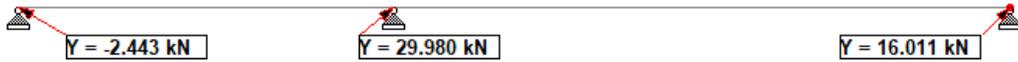


Figura 14.3.9 - Reacciones máximas de las vigas V01 para V02 en estado límite último (U14).



Figura 14.3.10 - Reacciones máximas de compresión de las vigas V01 para V02 en servicio (S2).

CARGAS			
ELS		ELU	
P [kN]	-10.14	P vigas [kN]	15.23
PP V02 [kN/m]	0.36	PP V02*1.2 [kN/m]	0.43

Con estas cargas introducidas de las vigas V01 y considerando el peso propio de la viga se obtienen los siguientes diagramas:

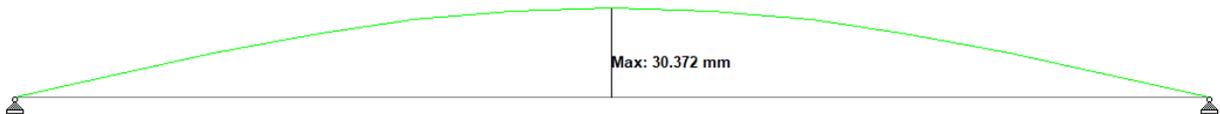


Figura 14.3.11 - Diagrama de desplazamientos determinante (S2).

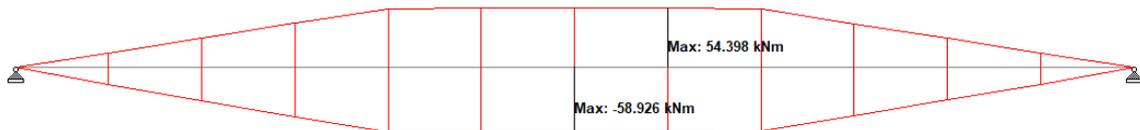


Figura 14.3.12 - Envolvente de Momentos Flectores.

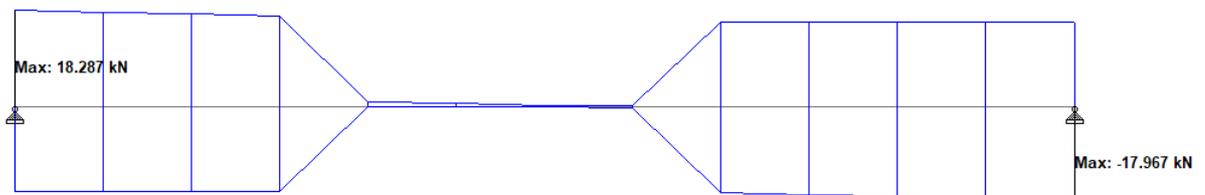


Figura 14.3.13 - Envolvente de Corte.

Y se realizan las verificaciones:

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO		
L [cm]		1000.000
f adm = L / 200 [cm]		5.000
f [cm]		3.037
f/fadm	0.61	VERIFICA

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS		
FLEXIÓN		
Mu [kNcm]		5892.600
Cálculo del momento nominal por plastificación		
Momento flector elástico: $M_y = S_x F_y$		10081.500
Momento flector plástico: $M_p = Z_x F_y$		11374.000
Resistencia nominal a flexión: $M_n \text{ plast} =$		11374.000
Verificación abollamiento		
Verificación pandeo local del ala		
Relación de esbeltez del ala: $\lambda = bf/(2 tf) =$		10.227
Relación de esbeltez del ala límite: $\lambda_p =$		11.086
Verifica pandeo local ($\lambda_p > \lambda$)?		Sí
Verificación pandeo local del alma		
Relación de esbeltez del alma: $\lambda = hw/tw =$		33.182
Relación de esbeltez del alma límite: $\lambda_p =$		109.690
Verifica pandeo local ($\lambda_p > \lambda$)?		Sí
Cálculo del momento nominal por pandeo lateral torsional		
(Con carga aplicada en el ala superior)		
Lp		155.000
$X_1 \text{ [kN/cm}^2] =$		1506.900
$X_2 \text{ [MPa}^2] =$		14.550
Tensión residual de compresión en el ala: $F_r \text{ [kN/cm}^2] =$		6.900
FL =		16.600
Lr [cm]		351.000
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb [cm]		330.000
Mr		7121.400
Cb =		1.140
Mplt (para $L_p < L_b < L_r$) = [kNcm]		8637.821
Resistencia a flexión		
$M_n = \text{mín} (M_n \text{ plast}; M_n \text{ plt}) \text{ [kNcm]}$		8637.821
Factor de minoración de resistencia por flexión		0.900
Resistencia de diseño a flexión: Md		7774.039
Mu/Md	0.758	VERIFICA

CORTE		
Vu [kN]		18.287
h/tw límite inferior		71.474
h/tw límite superior		89.561
Área del alma: Aw [cm ²]		14.454
Resistencia nominal al corte Vn [kN]		203.801
Factor de minoración de resistencia por corte		0.900
Resistencia de diseño al corte Vd [kN]		183.421
Vu/Vd	0.100	VERIFICA

Viga V03

DATOS DEL PERFIL			
Perfil adoptado		IPE 240	
d[mm]	240	Sx[cm ³]	324
bf [mm]	120	Sy[cm ³]	47.3
tf[mm]	9.8	Peso [kN/m ³]	7800
tw[mm]	6.2	Peso [kN/m]	0.30
hw[mm]	190	Zx[cm ⁴]	366
Ag [cm ²]	39.1	Zy[cm ⁴]	73
Ix[cm ³]	3890	E [kN/cm ²]	20000
ry [cm]	2.7	Fy[kN/cm ²]	23.5

Las cargas a las cuales se encuentra sometida la viga se obtienen de las reacciones de las vigas V01 considerando las distintas combinaciones en servicio y últimas.



Figura 14.3.14 - Reacciones máximas de las vigas V01 para V03 en estado límite último (U9).



Figura 14.3.15 - Reacciones máximas de las vigas V01 para V03 en servicio (S7).

CARGAS			
ELS		ELU	
P [kN]	4.43	P vigas [kN]	9.177
PP V03 [kN/m]	0.30	PP V03*1.2 [kN/m]	0.37

Con estas cargas introducidas de las vigas V01 y considerando el peso propio de la viga se obtienen los siguientes diagramas:



Figura 15.3.16 - Diagrama de desplazamientos determinante (S7).

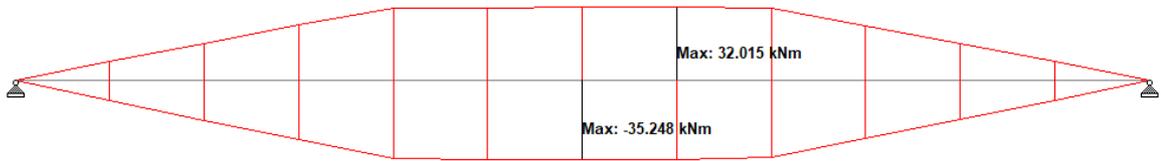


Figura 14.3.17 - Envolvente de Momentos Flectores.

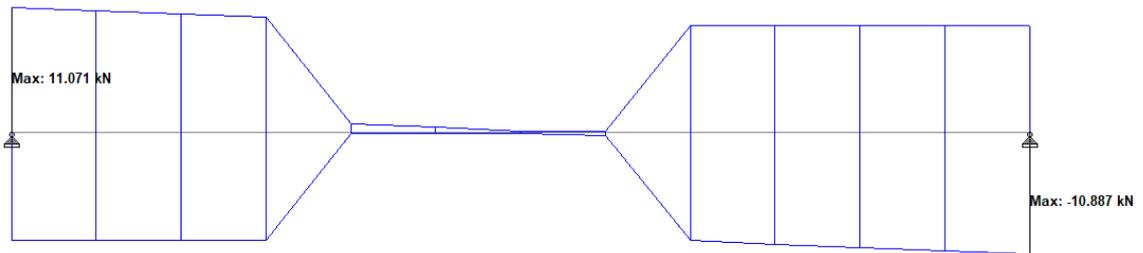


Figura 14.3.18 - Envolvente de Corte.

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO		
L [cm]		1000.000
$f_{adm} = L / 200$ [cm]		5.000
f [cm]		2.461
f/fadm	0.49	VERIFICA

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS	
FLEXIÓN	
Mu [kNcm]	3524.810
Cálculo del momento nominal por plastificación	
Momento flector elástico: $M_y = S_x F_y$	7614.000
Momento flector plástico: $M_p = Z_x F_y$	8601.000
Resistencia nominal a flexión: $M_n \text{ plast} =$	8601.000
Verificación abollamiento	
Verificación pandeo local del ala	
Relación de esbeltez del ala: $\lambda = bf/(2 t_f) =$	9.677
Relación de esbeltez del ala límite: $\lambda_p =$	11.086
Verifica pandeo local ($\lambda_p > \lambda$)?	Sí
Verificación pandeo local del alma	
Relación de esbeltez del alma: $\lambda = hw/t_w =$	30.645
Relación de esbeltez del alma límite: $\lambda_p =$	109.690
Verifica pandeo local ($\lambda_p > \lambda$)?	Sí
Cálculo del momento nominal por pandeo lateral torsional	
(Con carga aplicada en el ala superior)	
L_p	139.000
X_1 [kN/cm ²] =	1622.000
X_2 [MPa-2] =	10.780
Tensión residual de compresión en el ala: F_r [kN/cm ²] =	6.900
$F_L =$	16.600
L_r [cm]	337.000
Longitud lateralmente no arriostrada: L_b [cm]	330.000
M_r	5378.400
$C_b =$	1.140
M_{plt} (para $L_p < L_b < L_r$) = [kNcm]	6261.257
Resistencia a flexión	
$M_n = \text{mín} (M_n \text{ plast}; M_n \text{ plt})$ [kNcm]	6261.257
Factor de minoración de resistencia por flexión	0.900
Resistencia de diseño a flexión: M_d	5635.131

CORTE		
V_u [kN]	11.071	
h/t_w límite inferior	71.474	
h/t_w límite superior	89.561	
Área del alma: A_w [cm ²]	11.780	
Resistencia nominal al corte V_n [kN]	166.098	
Factor de minoración de resistencia por corte	0.900	
Resistencia de diseño al corte V_d [kN]	149.488	
V_u/V_d	0.074	VERIFICA

Verificaciones Columnas 01 y 02

Para ambas columnas se adoptan perfiles IPE 140. Ambas columnas tienen la misma longitud, pero la columna C01 recibe las reacciones de la viga V02 y la C02 las de la viga V03. Se verifican tanto a compresión simple como a tracción frente a las peores combinaciones de carga.

DATOS DEL PERFIL			
Perfil adoptado		IPE 140	
d [mm]	140	Ag [cm ²]	16.40
bf [mm]	73	Peso [kg/m]	14.30
tf [mm]	6.9	rx [cm]	5.74
hw [mm]	112	ry [cm]	1.65
tw [mm]	4.7	Long. col [cm]	220.00

Columna C01

Figura 14.3.19 - Reacciones máximas de compresión de las vigas V02 para C01 en estado límite último (U14).



Figura 14.3.20 - Reacciones máximas de tracción de las vigas V02 para C01 en estado límite último (U15).

Cargas			
R vigas (-) [kN]	18.13	Pu (-) [kN]	18.50
PP col [kN]	0.31		
R vigas (+) [kN]	14.61	Tu (+) [kN]	14.23
PP col [kN]	0.31		

Con:

- P_u (compresión) = $R_{vigas}(-) + 1,2 * PP_{col}$
- T_u (tracción) = $R_{vigas}(+) - 1,2 * PP_{col}$

Con estas cargas introducidas y considerando el peso propio de la columna se realizan las verificaciones.

Verificación a compresión			
Reducción por Pandeo Local			
Ala			
λ_r	16.34	$bf/2tf < \lambda_r$	
$bf/2tf$	5.29	Q_s	1.00
Alma			
λ_r	43.47	$hw/tw < \lambda_r$	
hw/tw	23.83	Q_a	1.00
Factor de reducción global $Q = Q_s * Q_a$			1.00
Pandeo Global			
Pandeo según X		Pandeo según Y	
k_x	1.00	k_y	1.00
L_x	220.00	L_y	220.00
λ_x	38.33	λ_y	133.33
Resistencia de diseño a compresión			
λ_c	1.45	F_{cr} [kN/cm ²]	9.69
ϕ	0.85	P_d [kN]	135.09
P_u/P_d	0.14	VERIFICA	

Donde:

- $\lambda_x = k_x * l_x / r_x$
- $\lambda_y = k_y * l_y / r_y$
- F_{cr} :
 - $0,658^{\lambda_c^2} * F_y$, para $\lambda_c \leq 1,5$
 - $(0,877 / \lambda_c^2) * F_y$, para $\lambda_c > 1,5$
- $P_n = F_{cr} * A_g$
- $P_d = \phi * P_n$

Verificación a tracción			
ϕ_t	0.9	T_d	346.86
T_u/T_d	0.04	VERIFICA	

Donde $T_d = \phi_t * F_y * A_g$

Columnas C02



Figura 14.3.21 - Reacciones máximas de compresión de la viga V03 para C02 en estado límite último (U9).



Figura 14.3.22 - Reacciones máximas de tracción de la viga V03 para C02 en estado límite último (U16).

Cargas			
R vigas [kN]	10.98	Pu (-) [kN]	11.36
PP col [kN]	0.31		
R vigas (+) [kN]	7.73	Tu (+) [kN]	7.35
PP col [kN]	0.31		

Verificación a compresión			
Reducción por Pandeo Local			
Ala			
λ_r	16.34	$bf/2t_f < \lambda_r$	
$bf/2t_f$	5.29	Qs	1.00
Alma			
λ_r	43.47	$hw/t_w < \lambda_r$	
hw/t_w	23.83	Qa	1.00
Factor de reducción global Q = Qs * Qa			1.00
Pandeo Global			
Pandeo según X		Pandeo según Y	
kx	1.00	ky	1.00
Lx	220.00	Ly	220.00
λ_x	38.33	λ_y	133.33
Resistencia de diseño a compresión			
λ_c	1.45	Fcr [kN/cm ²]	9.69
ϕ	0.85	Pd [kN]	135.09
Pu/Pd	0.08	VERIFICA	

Verificación a tracción			
ϕ_t	0.9	Td	346.86
Tu/Td	0.02	VERIFICA	

Columnas C03

Se adoptan perfiles IPE 200. Las columnas C03 reciben las reacciones intermedias de las vigas continuas V01. Se verifican tanto a compresión simple como a tracción frente a las peores combinaciones de carga.

DATOS DEL PERFIL			
Perfil adoptado		IPE 140	
d [mm]	140	Ag [cm ²]	16.40
bf [mm]	73	Peso [kg/m]	14.30
tf [mm]	6.9	rx [cm]	5.74
hw [mm]	112	ry [cm]	1.65
tw [mm]	4.7	Long. col [cm]	220.00



Figura 14.3.23 - Reacciones máximas de compresión de las vigas V01 para C03 en estado límite último (U3).



Figura 14.3.24 - Reacciones máximas de tracción de las vigas V01 para C03 en estado límite último (U6).

Cargas			
R vigas (-) [kN]	38.34	Pu (-) [kN]	38.71
PP col [kN]	0.31		
R vigas (+) [kN]	42.06	Tu (+) [kN]	41.78
PP col [kN]	0.31		

Con:

- Pu (compresión) = $R_{vigas}(-) + 1,2 * PP_{col}$
- Tu (tracción) = $R_{vigas}(+) - 0,9 * PP_{col}$

Verificación a compresión			
Reducción por Pandeo Local			
Ala			
λ_r	16.34	$bf/2t_f < \lambda_r$	
$bf/2t_f$	5.29	Q_s	1.00
Alma			
λ_r	43.47	$hw/t_w < \lambda_r$	
hw/t_w	23.83	Q_a	1.00
Factor de reducción global $Q = Q_s * Q_a$			1.00
Pandeo Global			
Pandeo según X		Pandeo según Y	
k_x	1.00	k_y	1.00
L_x	220.00	L_y	220.00
λ_x	38.33	λ_y	133.33
Resistencia de diseño a compresión			
λ_c	1.45	F_{cr} [kN/cm ²]	9.69
ϕ	0.85	P_d [kN]	135.09
P_u/P_d	0.29	VERIFICA	

Resistencia de diseño a compresión			
λ_c	1.45	F_{cr} [kN/cm ²]	9.69
ϕ	0.85	P_d [kN]	135.09
P_u/P_d	0.29	VERIFICA	

Verificación a tracción			
ϕ_t	0.9	T_d	346.86
T_u/T_d	0.12	VERIFICA	

3.2.3. Fundaciones

Bases

Se verifican las bases de las columnas a compresión, evaluando la presión del hormigón bajo placa y la flexión de la misma por compresión del hormigón. Se verifican a tracción los pernos y la flexión de la placa por tracción de estos.

Bases para columnas C01

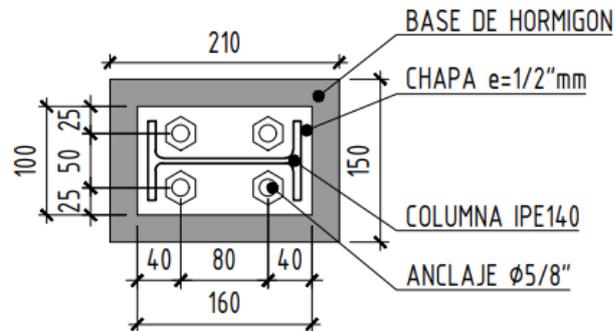


Figura 14.3.25 - Base columnas C01.

Perfil	IPE 140
Altura del perfil: d [mm]	140
Dimensión en X placa: A [cm]	16
Dimensión en X hormigón: AF [cm]	21
Dimensión en Y placa: B [cm]	10
Dimensión en Y hormigón: BF [cm]	15
Distancia bulón-borde en Y: L [cm]	2.5
Espesor placa: tp [cm]	1.27
Espesor grout: G [cm]	2
$f'c$ [kN/cm ²]	2.1
Fy [kN/cm ²]	23.5

COMPRESIÓN		
Pu [kN]		18.50
PRESIONES VERTICALES DEL HORMIGÓN		
Área placa base: A1 [cm ²]		160
Área hormigón: A2 [cm ²]		315
Tensión máxima hormigón: fp [kN/cm ²]		0.116
ϕ_c		0.6
Límite sup 1 de tensión en hormigón [kN/cm ²]		1.503
Límite sup2 de tensión en hormigón [kN/cm ²]		2.142
fp/fadm	0.077	VERIFICA
FLEXIÓN PLACA POR COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN		
Longitud voladizo placa: W [cm]		1
Momento flector máximo en placa: Mu [kNcm]		0.58
Momento resistente plástico placa: Zp [cm ³]		4.03
Momento nominal placa: Mn [kNcm]		94.76
Momento de diseño placa: Md [kNcm]		85.28
Mu/Md	0.007	VERIFICA

Donde:

- Área de la placa base $A_1 = A * B$
- Máxima tensión actuante sobre el hormigón bajo la placa: $fp = Pu/A_1$
- Área hormigón $A_2 = AF * BF$
- Límite sup₁ de tensión en hormigón: $0,85 * \phi_c * f^c * \sqrt{A_2/A_1}$
- Límite sup₂ de tensión en hormigón: $1,70 * \phi_c * f^c$
- Longitud voladizo placa: $W = (A - d) / 2$
- Momento flector máximo en placa: $Mu = fp * W^2/2 * B$
- Momento resistente plástico placa: $Zp = B * tp^2/4$
- Momento nominal de la placa: $Mn = Zp * Fy$
- Momento de diseño de la placa: $Md = 0,9 * Mn$

TRACCIÓN	
Tu [kN]	14.23
TRACCIÓN PERNOS	
Cant. de pernos	4
Tu c/perno [kN] = Tu / cant. pernos	3.56
Diámetro perno: D [cm]	1.59
Área de perno: Ag [cm ²]	1.98
Tensión de rotura: Fu [kN/cm ²]	37.00
ϕ	0.75
Resistencia nominal a tracción: Tn [kN]	54.93
Resistencia de diseño a tracción: Td [kN]	41.19
Tu/Td	0.09
VERIFICA	

Donde:

- Resistencia nominal a tracción: $Tn = 0,75 * Fu * Ag$
- Resistencia de diseño a tracción: $Td = \phi * Tn$

Se verifica la tensión en el suelo. Para ello se utiliza la máxima reacción de compresión de la viga V02 sobre C01 en servicio:



Figura 14.3.26 - Reacciones máximas de compresión de las vigas V02 para C01 en estado límite de servicio (S6).

Considerando además el peso propio de la columna se tiene:

VERIFICACIÓN SUELO			
Ps [kN]	9.87	Área base [cm ²]	3600
σ_{adm} [kN/cm ²]	0.0029	σ/σ_{adm}	0.94
σ [kN/cm ²]	0.0027	VERIFICA	

Bases para columnas C02

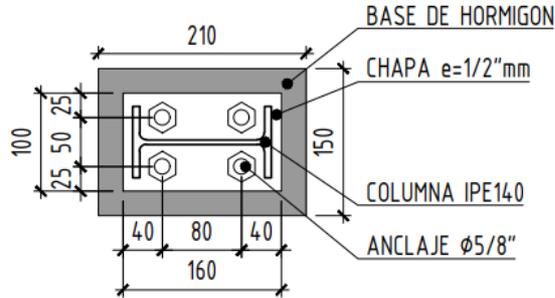


Figura 14.3.27 - Base columnas C02.

Perfil	IPE 140
Altura del perfil: d [mm]	140
Dimensión en X placa: A [cm]	16
Dimensión en X hormigón: AF [cm]	21
Dimensión en Y placa: B [cm]	10
Dimensión en Y hormigón: BF [cm]	15
Distancia bulón-borde en Y: L [cm]	2.5
Espesor placa: tp [cm]	1.27
Espesor grout: G [cm]	2
f'c [kN/cm ²]	2.1
Fy [kN/cm ²]	23.5

COMPRESIÓN		
Pu [kN]		11.36
PRESIONES VERTICALES DEL HORMIGÓN		
Área placa base: A1 [cm ²]		160
Área hormigón: A2 [cm ²]		315
Tensión máxima hormigón: fp [kN/cm ²]		0.071
φc		0.6
Límite sup 1 de tensión en hormigón [kN/cm ²]		1.503
Límite sup2 de tensión en hormigón [kN/cm ²]		2.142
fp/fadm	0.047	VERIFICA
FLEXIÓN PLACA POR COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN		
Longitud voladizo placa: W [cm]		1
Momento flector máximo en placa: Mu [kNcm]		0.35
Momento resistente plástico placa: Zp [cm ³]		4.03
Momento nominal placa: Mn [kNcm]		94.76
Momento de diseño placa: Md [kNcm]		85.28
Mu/Md	0.0042	VERIFICA

TRACCIÓN		
Tu [kN]		7.35
TRACCIÓN PERNOS		
Cant. de pernos		4
Tu c/perno [kN] = Tu / cant. pernos		1.84
Diámetro perno: D [cm]		1.59
Área de perno: Ag [cm ²]		1.98
Tensión de rotura: Fu [kN/cm ²]		37.00
φ		0.75
Resistencia nominal a tracción: Tn [kN]		54.93
Resistencia de diseño a tracción: Td [kN]		41.19
Tu/Td	0.04	VERIFICA

Se verifica la tensión en el suelo:

 = 5.932 kN

 = 5.932 kN

Figura 14.3.28 - Reacciones máximas de compresión de la viga V03 para C02 en estado límite de servicio (S7).

VERIFICACIÓN SUELO			
Ps [kN]	6.25	Área base [cm ²]	2400
σadm [kN/cm ²]	0.0029	σ/σadm	0.90
σ [kN/cm ²]	0.0026	VERIFICA	

Bases para columnas C03

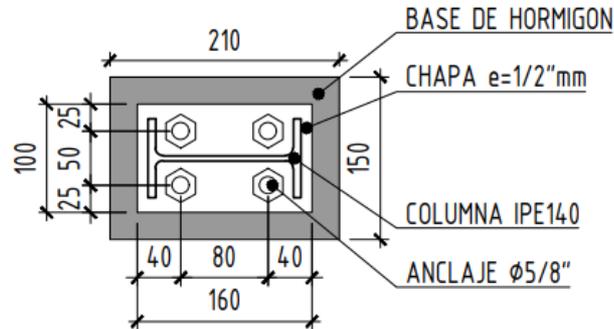


Figura 14.3.29 - Base columnas C03.

Perfil	IPE 140
Altura del perfil: d [mm]	140
Dimensión en X placa: A [cm]	16
Dimensión en X hormigón: AF [cm]	21
Dimensión en Y placa: B [cm]	10
Dimensión en Y hormigón: BF [cm]	15
Distancia bulón-borde en Y: L [cm]	2.5
Espesor placa: tp [cm]	1.27
Espesor grout: G [cm]	2
f'c [kN/cm ²]	2.1
Fy [kN/cm ²]	23.5

COMPRESIÓN		
Pu [kN]		38.71
PRESIONES VERTICALES DEL HORMIGÓN		
Área placa base: A1 [cm ²]		160
Área hormigón: A2 [cm ²]		315
Tensión máxima hormigón: fp [kN/cm ²]		0.242
φc		0.6
Límite sup 1 de tensión en hormigón [kN/cm ²]		1.503
Límite sup2 de tensión en hormigón [kN/cm ²]		2.142
fp/fadm	0.161	VERIFICA
FLEXIÓN PLACA POR COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN		
Longitud voladizo placa: W [cm]		1
Momento flector máximo en placa: Mu [kNcm]		1.21
Momento resistente plástico placa: Zp [cm ³]		4.03
Momento nominal placa: Mn [kNcm]		94.76
Momento de diseño placa: Md [kNcm]		85.28
Mu/Md	0.014	VERIFICA

TRACCIÓN		
Tu [kN]		41.78
TRACCIÓN PERNOS		
Cant. de pernos		4
Tu c/perno [kN] = Tu / cant. pernos		10.44
Diámetro perno: D [cm]		1.59
Área de perno: Ag [cm ²]		1.98
Tensión de rotura: Fu [kN/cm ²]		37.00
ϕ		0.75
Resistencia nominal a tracción: Tn [kN]		54.93
Resistencia de diseño a tracción: Td [kN]		41.19
Tu/Td	0.25	VERIFICA

Se verifica la tensión en el suelo:



Figura 14.3.30 - Reacción máxima de compresión de las vigas V01 para C03 en estado límite de servicio (S3).

VERIFICACIÓN SUELO			
Ps [kN]	20.01	Área base [cm ²]	7150
σ_{adm} [kN/cm ²]	0.0029	σ/σ_{adm}	0.97
σ [kN/cm ²]	0.003	VERIFICA	

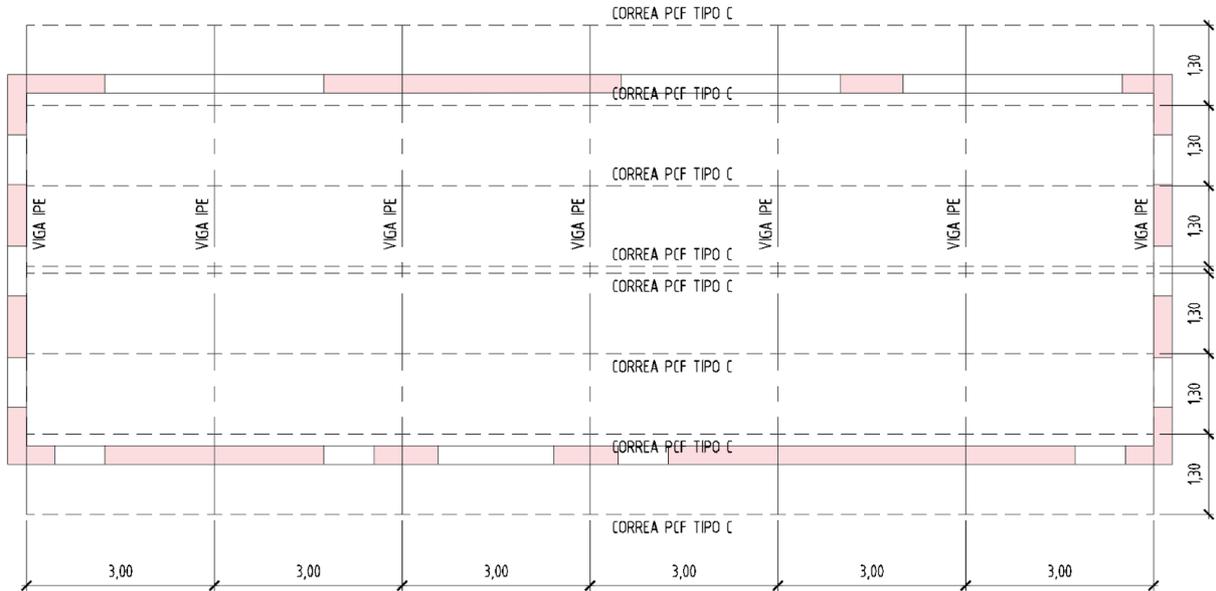
3.3. Cálculo estructural Aulario

3.3.1. Cargas

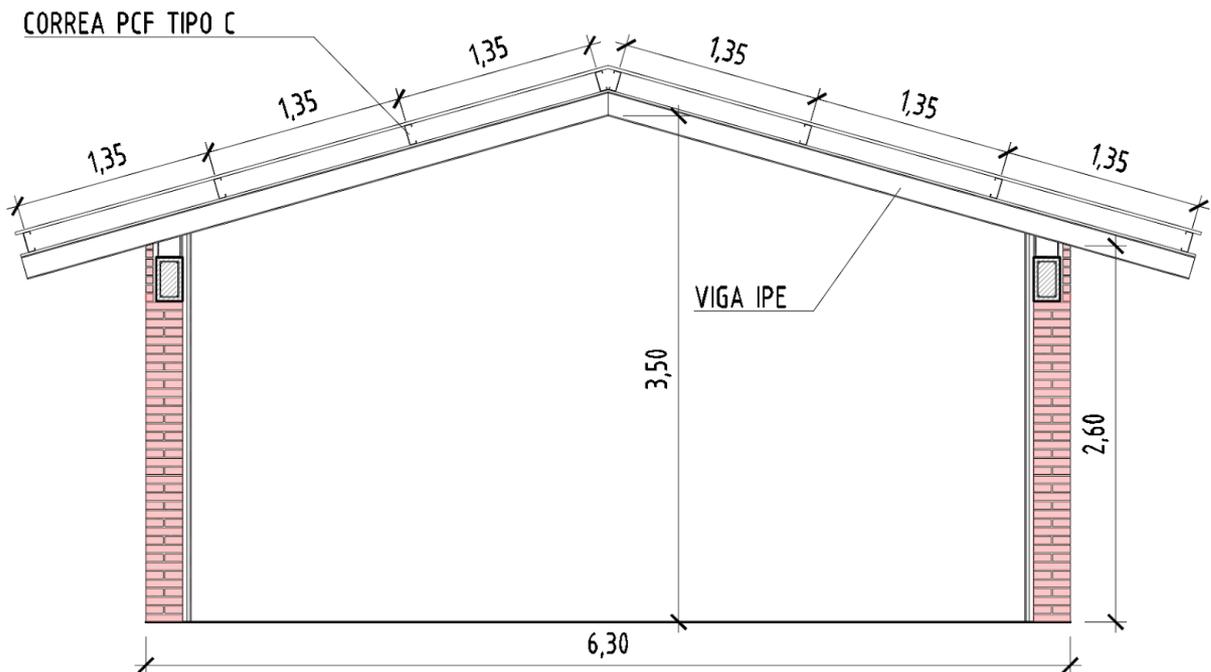
Para el cálculo estructural se consideran los estados de carga en servicio y últimos obtenidos de las combinaciones de sobrecarga, viento y peso propio de los elementos estructurales y de cerramiento.

Para obtener las cargas nominales se definen en primer lugar cuestiones de diseño como los elementos estructurales a disponer, separación y vinculación entre los mismos, entre otros. Para dar inicio al proceso creativo, en primer lugar se definen las dimensiones interiores de los salones de forma tal que se puedan ubicar vigas de forma equidistante. Luego se define la inclinación que se le dará las mismas. Para ello se establecen las alturas libres en el interior del edificio, y con las mismas se obtiene la pendiente del techo. Definida esta última, se adopta la separación de correas que se colocan sobre las vigas.

A continuación se presenta el diseño y separaciones adoptadas para el cálculo de los diferentes elementos estructurales a considerar:



14.3.31 - Elementos estructurales de la cubierta del aulario y sus separaciones. Vista en planta.



14.3.32 - Elementos estructurales de la cubierta del aulario y sus separaciones. Vista en corte.

DATOS DE PARTIDA	
Altura máxima [m]	3.50
Altura mínima [m]	2.60
Sep. entre correas [m]	1.35
Luz máx. correas [m]	3.00
Luz vigas [m]	3.00
α cubierta [°]	16.70
Pendiente de la cubierta [%]	30.00

La sobrecarga de cubierta por metro cuadrado de proyección horizontal L_r se obtiene como indica el CIRSOC 101 en su apartado 4.9:

$$L_r = 0,96 R_1 R_2 \quad \text{con } 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

Los factores de reducción R_1 y R_2 son:

- $R_1 = 1$ para $A_t \leq 19 \text{ m}^2$
- $R_1 = 1,2 - 0,01076 A_t$ para $19 \text{ m}^2 < A_t < 56 \text{ m}^2$
- $R_1 = 0,6$ para $A_t \geq 56 \text{ m}^2$
- $R_2 = 1$ para $F \leq 4$
- $R_2 = 1,2 - 0,05 F$ para $4 < F < 12$
- $R_2 = 0,6$ para $F \geq 12$

Donde A_t es área tributaria en metros cuadrados soportada por cualquier elemento estructural, y para una cubierta con pendiente, $F = 0,12 \times \text{pendiente } [\%]$. Con estas consideraciones se obtienen los resultados siguientes:

CÁLCULO DE SOBRECARGA DE CUBIERTA - C&R	
Área tributaria [m ²]	4.05
R1	1
F	3.60
R2	1
L_r [kN/m ²]	0.96

En cuanto a la acción del viento, se tienen los siguientes datos:

UBICACIÓN	Rufino	
CATEGORÍA	II	
EXPOSICIÓN	C	
VELOCIDAD BÁSICA	V	50 m/s
TOPOGRÁFICO	kzt	1
DIRECCIONALIDAD	Kd	0.85
IMPORTANCIA	I	1
FACTOR DE RÁFAGA	G	0.85
INCLINACIÓN CUBIERTA	θ	16.7
CTE DE EXP. DEL TERRENO	z _g	274 m
EXPONENTE α	α	9.5
ALTURA ALERO	h ₁	2.35 m
ALTURA MÁXIMA	h ₂	3.50 m
ALT MEDIA CUBIERTA	h	2.93 m
COEF DE PRESION INTERNA	G _{Cpi}	0.18

La presión del viento en la estructura se obtiene de la siguiente expresión:

$$P = qz \times GCp - qi \times GCpi$$

$$qi = 0,613 \times Kzt \times Kd \times V^2 \times I \times Kz \rightarrow \text{Presión dinámica interna}$$

El único parámetro no conocido para la obtención de la presión dinámica interna es el Kz. Para determinar el mismo se ingresa en la Tabla 5 del Reglamento CIRSOC 102 y se utiliza el caso 1 correspondiente a la exposición C:

$$Kz = 2,01 \times \left(\frac{5}{zg}\right)^{2/\alpha}$$

h [m]	Kz	q [kN/m2]
2.93	0.87	1.13

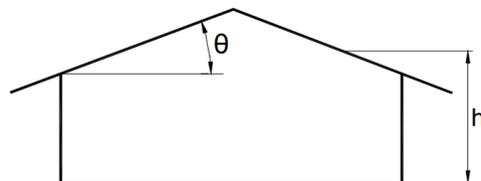
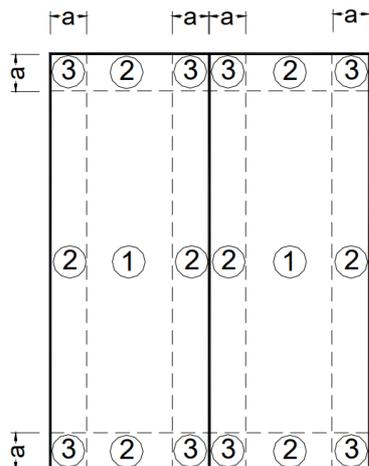
Para las presiones de diseño se tiene:

- Presión de diseño para componentes y revestimientos

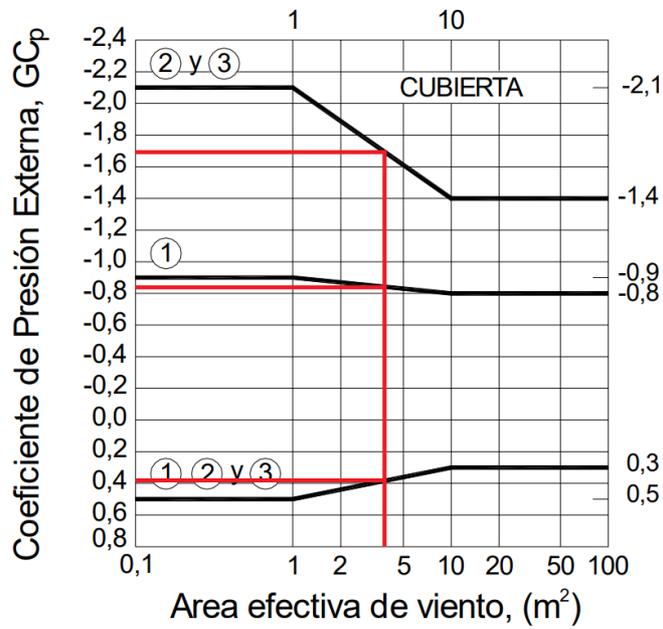
$$p = qh \times [(GCp) - (GCpi)] \rightarrow \text{Ec 18, capítulo 5}$$

h	2.93 m
qh	1.13KN/m2
Luz correas cubierta	3.00 m
Separación entre correas techo	1.35 m

Área Efectiva (cubierta)	Luz*sep correas =	4.1 m2	Aef adop = 4.1 m2
	Luz*(Luz/3) =	3.0 m2	



14.3.33 - Áreas de una cubierta establecidas por el reglamento CIRSOC 102 para la determinación del GCp.



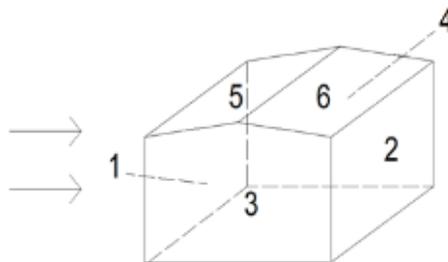
14.3.34 - Coeficientes de presión externa, GCp, para cada zona en función del área efectiva de viento.

Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m2]	P - [kN/m2]
1	0.38	-0.84	0.63	-1.15
2	0.38	-1.68	0.63	-2.10
3	0.38	-1.68	0.63	-2.10

- Presión de diseño para sistema principal de edificios de baja altura

$$p = qh \times [(GCpf) - (GCpi)] \rightarrow Ec 15, \text{ capítulo 5}$$

Viento perpendicular a la cumbrera

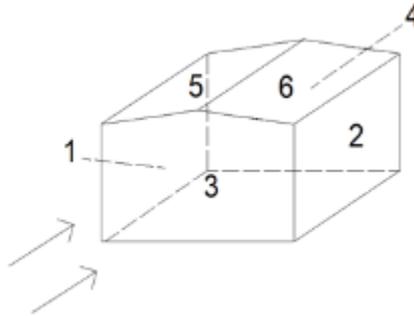


14.3.35 - Viento perpendicular a la cumbrera.

L	6.30 m
B	18.60 m
h	2.93 m
L/B	0.34
h/L	0.46

Cara	z	q [kN/m ²]	Cp	qz.(G.Cp)	qi.(GCpi)	P pres int [kN/m ²]	P succ int [kN/m ²]
5	p=qh.[(GCpf)-(Gcpi)]	1.13	-0.70	-0.67	0.20	-0.87	-0.47
6	p=qh.[(GCpf)-(Gcpi)]	1.13	-0.50	-0.48	0.20	-0.68	-0.28

Viento paralelo a la cumbrera:



14.3.36 - Viento paralelo a la cumbrera.

L	18.60 m
B	6.30 m
h	2.93 m
L/B	2.95
h/L	0.16

Cara	z	q [kN/m ²]	Cp	qz.(G.Cp)	qi.(GCpi)	P pres int [kN/m ²]	P succ int [kN/m ²]
0 a h/2	2.93 m	1.13	-0.90	-0.86	0.20	-1.07	-0.66
h/2 a h	2.93 m	1.13	-0.90	-0.86	0.20	-1.07	-0.66
h a 2h	2.93 m	1.13	-0.50	-0.48	0.20	-0.68	-0.28
>2h	2.93 m	1.13	-0.30	-0.29	0.20	-0.49	-0.08

3.3.2. Verificaciones en servicio y en estado último

3.3.2.1. Componentes y revestimientos

Obtenidas las cargas correspondientes a la sobrecarga y a la acción del viento, se procede a realizar la verificación de resistencia y de deformación de los elementos estructurales. Para ello se tiene en cuenta que la chapa apoya sobre correas, las cuales a su vez cargan sobre vigas, ambos elementos constituidos por perfiles laminados tipo C.

Se deben tomar para las combinaciones, las cargas en dirección perpendicular al plano de la cubierta.

$$qD = D * \cos(\alpha)$$

$$qLr = Lr * \cos^2(\alpha)$$

Verificación de la chapa

Se presentan a continuación tablas con los datos y cálculos realizados para verificar la chapa adoptada tanto a succión y como a presión.

DATOS CHAPA ACANALADA		
Peso propio qD [kg/m ²]	6.96	
Peso propio qD [kN/m ²]	0.0696	
Ancho útil [m]	1.026	
Paso de la chapa [m]	0.076	
CARGAS NOMINALES		
qD [kN/m ²]	0.067	
qLr [kN/m ²]	0.881	
qWp [kN/m ²]	0.631	
qWs [kN/m ²]	-2.096	
COMBINACIONES DE SERVICIO		
S1) D + Lr [kN/m ²]	0.947	
S2) D + W [kN/m ²]	Wp	0.698
	Ws	-2.030
S3) D + 0,7(Lr + W) [kN/m ²]	Wp	1.125
	Ws	-0.784
COMBINACIONES ÚLTIMAS		
U1) 1,2D + 1,6Lr + 0,8W [kN/m ²]	Wp	1.994
	Ws	-0.188
U2) 1,2D + 0,5Lr + 1,5W [kN/m ²]	Wp	1.467
	Ws	-2.624
U3) 0,9D + 1,5W [kN/m ²]	Wp	1.007
	Ws	-3.085

Tabla 10.13. Cargas nominales y combinaciones para la chapa.

Puede observarse que la máxima carga en servicio de succión es de -2,030 kN/m², y en presión 1,125 kN/m². Estos valores se comparan con los máximos, tanto por flexión como por flecha, dados por el fabricante para verificar la resistencia de la chapa. Estos dependen de la distancia entre apoyos. Como se tiene una separación entre correas adoptada de 1,35m, se interpola entre los valores dados de 1,30m y 1,40m.

VIENTO SUCCION																							
CARGA MAXIMA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EXPRESADA EN KN/m ² (1) PARA DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m - FLECHA MAXIMA: L / 200																							
Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00		1.10		1.20		1.30		1.40		1.50		1.60		1.70		1.80		1.90		2.00	
		FLECHA																					
0.41		2.39	1.63	1.98	1.24	1.67	0.96	1.43	0.76	1.24	0.62	1.08	0.51	0.96	0.43	0.85	0.36	0.76	0.31	0.69	0.27	0.63	0.24
		2.39	3.87	1.98	2.92	1.67	2.26	1.43	1.78	1.24	1.44	1.08	1.17	0.96	0.97	0.85	0.82	0.76	0.70	0.69	0.60	0.63	0.52
0.50		2.90	1.99	2.40	1.51	2.03	1.17	1.73	0.93	1.50	0.76	1.31	0.62	1.16	0.52	1.03	0.44	0.93	0.38	0.84	0.33	0.76	0.29
		2.90	4.72	2.40	3.56	2.03	2.75	1.73	2.17	1.50	1.75	1.31	1.43	1.16	1.19	1.03	1.00	0.93	0.85	0.84	0.73	0.76	0.63
0.71		4.07	2.83	3.37	2.14	2.85	1.67	2.44	1.33	2.11	1.07	1.85	0.89	1.63	0.74	1.45	0.63	1.30	0.54	1.18	0.47	1.07	0.41
		4.07	6.71	3.37	5.06	2.85	3.91	2.44	3.09	2.11	2.49	1.85	2.04	1.63	1.69	1.45	1.42	1.30	1.21	1.18	1.04	1.07	0.90

(1) Se considera un ancho de influencia de 1.00 m

Figura 14.3.37 - Carga máxima admisible uniformemente repartida para sobrecarga gravitatoria o viento de presión.

TABLA 3: CARGAS DISTRIBUIDAS MAXIMAS EN FUNCION DE LA FLEXION Y FLECHA MAXIMAS ADMISIBLES																							
SEGUN AIST-ASD 96, EN FUNCION DE LA FLEXION Y FLECHA MAXIMA ADMISIBLE																							
SOBRECARGA GRAVITATORIA O VIENTO PRESION																							
CARGA MAXIMA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EXPRESADA EN KN/m ² (1) PARA DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m - FLECHA MAXIMA: L / 200																							
Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00		1.10		1.20		1.30		1.40		1.50		1.60		1.70		1.80		1.90		2.00	
		FLECHA																					
0.41		2.31	1.56	1.90	1.16	1.59	0.88	1.35	0.69	1.16	0.54	1.00	0.43	0.88	0.35	0.77	0.29	0.69	0.24	0.61	0.19	0.55	0.16
		2.31	3.79	1.90	2.84	1.59	2.18	1.35	1.71	1.16	1.36	1.00	1.10	0.88	0.90	0.77	0.74	0.69	0.62	0.61	0.52	0.55	0.44
0.50		2.80	1.90	2.31	1.41	1.93	1.08	1.64	0.84	1.41	0.66	1.22	0.53	1.07	0.43	0.94	0.35	0.83	0.29	0.74	0.24	0.67	0.20
		2.80	4.62	2.31	3.46	1.93	2.66	1.64	2.08	1.41	1.66	1.22	1.34	1.07	1.09	0.94	0.90	0.83	0.75	0.74	0.63	0.67	0.54
0.71		3.94	2.70	3.24	2.01	2.71	1.53	2.30	1.19	1.98	0.94	1.71	0.75	1.50	0.61	1.32	0.50	1.17	0.41	1.04	0.34	0.93	0.28
		3.94	6.58	3.24	4.92	2.71	3.78	2.30	2.96	1.98	2.35	1.71	1.90	1.50	1.56	1.32	1.29	1.17	1.07	1.04	0.90	0.93	0.76

Figura 14.3.38 - Carga máxima admisible uniformemente repartida para viento de succión.

VERIFICACIÓN DE LA CHAPA			
Succión		Presión	
qmax [kN/m ²]	-2.030	qmax [kN/m ²]	1.125
Máx adm por flexión [kN/m ²]	-2.275	Máx adm por flexión [kN/m ²]	2.14
Máx adm por flecha [kN/m ²]	-2.79	Máx adm por flecha [kN/m ²]	2.655
Verifica		Verifica	

Verificación de las correas

Se adopta un perfil laminado en frío tipo C 140x50x20x3,2 y se realizan las verificaciones correspondientes de resistencia y deformación. Se considera que las correas trabajan como simplemente apoyadas. Para lograr esto, se realizan agujeros ovalados en un extremo. Se evaluarán ELS (flecha) y ELU (resistencia). Como se tienen vigas de un tramo con d < 165 mm, se aplica un factor de reducción R de 0,70 para la alternativa arriostrada al chapeado succión.

DATOS DEL PERFIL			
Perfil adoptado		C 140x50x20x3,20	
Ht[mm]	140	Jx[cm ⁴]	237.43
Bt[mm]	50	Sx[cm ³]	33.92
Dt[mm]	20	Fy[kN/cm ²]	23.5
t[mm]	3.2	Peso [kN/m ³]	7850
a[cm ²]	8.29	Peso [kN/m]	0.07

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO			
L [cm]		300.000	
f adm = L / 200 [cm]		1.500	
J [cm ⁴]		237.430	
Ancho de influencia [cm]		135.000	
Flecha $\rightarrow f = (5/384)(q \times L^4)/(E \times J)$			
S1	q [kN/m]		1.010
	f [cm]		0.224
S2	Wp	q [kN/m]	1.004
		f [cm]	0.223
	Ws	q [kN/m]	-2.678
		f [cm]	-0.595
S3	Wp	q [kN/m]	1.581
		f [cm]	0.351
	Ws	q [kN/m]	-0.996
		f [cm]	-0.221
f/fadm	-0.15	VERIFICA	

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS			
L [cm]		300.000	
Alternativa arriostrada a chapeado PRESIÓN			
Md = 0,9 * Sx * Fy [kNcm]		717.408	
Mu = q * l ² / 8			
U1	Wp	q [kN/m]	2.767
		Mu [kNcm]	311.268
U2	Wp	q [kN/m]	2.055
		Mu [kNcm]	231.232
U3	Wp	q [kN/m]	1.415
		Mu [kNcm]	159.211
Mu/Md	0.434	VERIFICA	
Alternativa arriostrada a chapeado SUCCIÓN			
R		0.700	
Md = 0,9 * R * Sx * Fy [kNcm]		502.186	
Mu = q * l ² / 8			
U1	Ws	q [kN/m]	-0.179
		Mu [kNcm]	-20.129
U2	Ws	q [kN/m]	-3.468
		Mu [kNcm]	-390.136
U3	Ws	q [kN/m]	-4.108
		Mu [kNcm]	-462.158
Mu/Md	0.92	VERIFICA	

3.3.2.2. Sistema Principal

Verificación de las vigas

Se adopta un perfil IPE 160 y se realizan las verificaciones correspondientes de resistencia y deformación.

DATOS DEL PERFIL			
Perfil adoptado		IPE160	
d [mm]	160	Jx[cm ⁴]	869
bf [mm]	82	Sx[cm ³]	109
tf [mm]	7.4	Zx[cm ⁴]	124
hw [mm]	127	Fy[kN/cm ²]	23.5
tw [mm]	5	Peso [kN/m ³]	7800
a[cm ²]	20.1	Peso [kN/m]	0.1568
Cant. Vigas	4	Jy[cm ⁴]	68.3
ry [cm]	1.84	rx [cm]	6.58

CARGAS NOMINALES			
Ancho de influencia [cm]		300.000	
D	PP Vigas [kN/m]		0.157
	PP Chapa [kN/m]		0.209
	PP Correas [kN/m]		0.189
Lr	Lr*ancho de influencia [kN/m]		2.642
W	WNPS (Succión) [kN/m]	P int	-3.195
		S int	-1.978
	WPPS (Succión) [kN/m]	P int	-2.620
		S int	-1.403

COMBINACIONES ÚLTIMAS
U1) 1,4 D [kN/m]
U2) 1,2 D + 1,6 Lr [kN/m]
U3) 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WNPS (max derecha) [kN/m]
U4) 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WNPS (max izquierda) [kN/m]
U5) 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WPPS (max derecha) [kN/m]
U6) 1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 WPPS (max izquierda) [kN/m]
U7) 0,9 D + 1,5 WNPS (max derecha) [kN/m]
U8) 0,9 D + 1,5 WNPS (max izquierda) [kN/m]
U9) 0,9 D + 1,5 WPPS (max derecha)[kN/m]
U10) 0,9 D + 1,5 WPPS (max izquierda) [kN/m]
U11) 1.2 D + 1.6 Lr1
U12) 1.2 D + 1.6 Lr2
U13) 1.2 D + 1.6 Lr1 + 0.8 WNPS (max derecha) [kN/m]
U14) 1.2 D + 1.6 Lr1 + 0.8 WNPS (max izquierda)[kN/m]
U15) 1.2 D + 1.6 Lr2 + 0.8 WNPS (max derecha) [kN/m]
U16) 1.2 D + 1.6 Lr2 + 0.8 WNPS (max izquierda)) [kN/m]
U17) 1.2 D + 1.6 Lr1 + 0.8 WPPS (max derecha) [kN/m]
U18) 1.2 D + 1.6 Lr1 + 0.8 WPPS (max izquierda) [kN/m]
U19) 1.2 D + 1.6 Lr2 + 0.8 WPPS (max izquierda) [kN/m]
U20) 1.2 D + 1.6 Lr2 + 0.8 WNPS (max derecha) [kN/m]

COMBINACIONES DE SERVICIO
S1) D + WNPS (max derecha) [kN/m]
S2) D + WNPS (max izquierda) [kN/m]
S3) D + WPPS (max derecha) [kN/m]
S4) D + WPPS (max izquierda) [kN/m]
S5) D + 0,7 (Lr + WNPS) (max derecha) [kN/m]
S6) D + 0,7 (Lr + WNPS) (max izquierda) [kN/m]
S7) D + 0,7 (Lr + WPPS) (max derecha) [kN/m]
S8) D + 0,7 (Lr + WPPS) (max izquierda) [kN/m]
S9) D + 0.7(Lr1+WNPS) (max derecha) [kN/m]
S10) D + 0.7(Lr1+WNPS) (max izquierda) [kN/m]
S11) D + 0.7(Lr2+WNPS) (max derecha) [kN/m]
S12) D + 0.7(Lr2+WPPS) (max izquierda) [kN/m]
S13) D + 0.7(Lr1+WPPS) (max derecha) [kN/m]
S14) D + 0.7(Lr1+WPPS) (max izquierda) [kN/m]
S15) D + 0.7(Lr2+WPPS) (max derecha) [kN/m]
S16) D + 0.7(Lr2+WPPS) (max izquierda) [kN/m]

Donde:

- Lr1: Sobrecarga aplicada sobre una mitad de viga.
- Lr2: Sobrecarga aplicada sobre el tramo de 5,9 m de viga.
- WNPP: Carga de viento normal a la cumbrera de presión.
- WNPS: Carga de viento normal a la cumbrera de succión.
- WPPP: Carga de viento paralelo a la cumbrera de presión.
- WPPS: Carga de viento paralelo a la cumbrera de succión.

Con estas combinaciones se obtiene la flecha y esfuerzos máximos y se procede a las verificaciones.

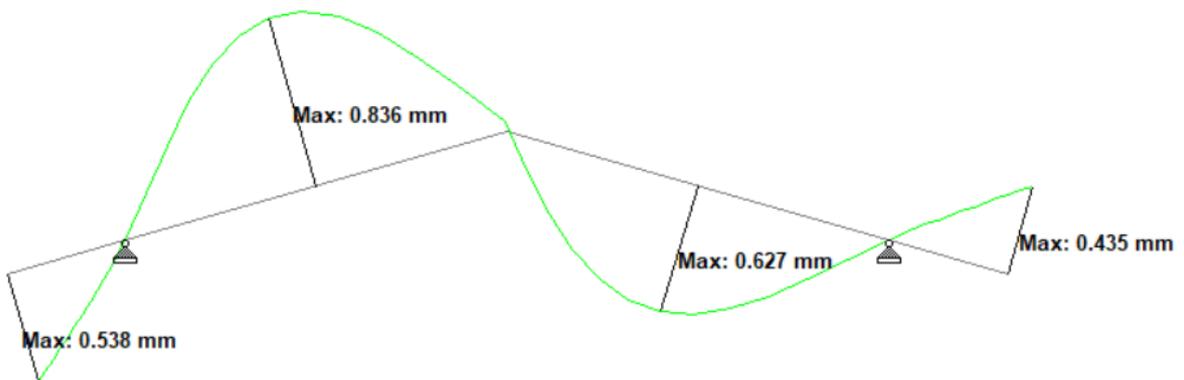
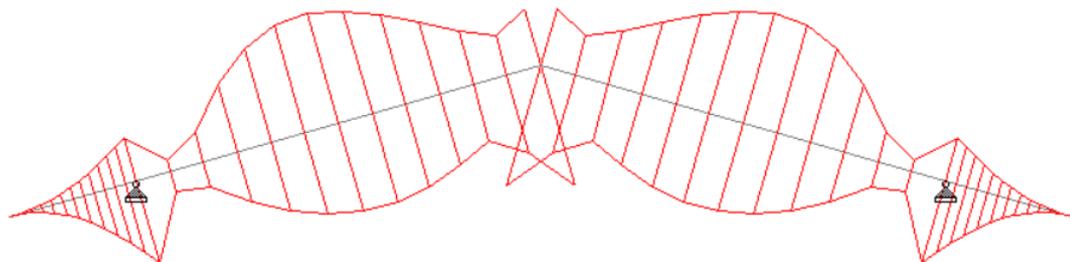


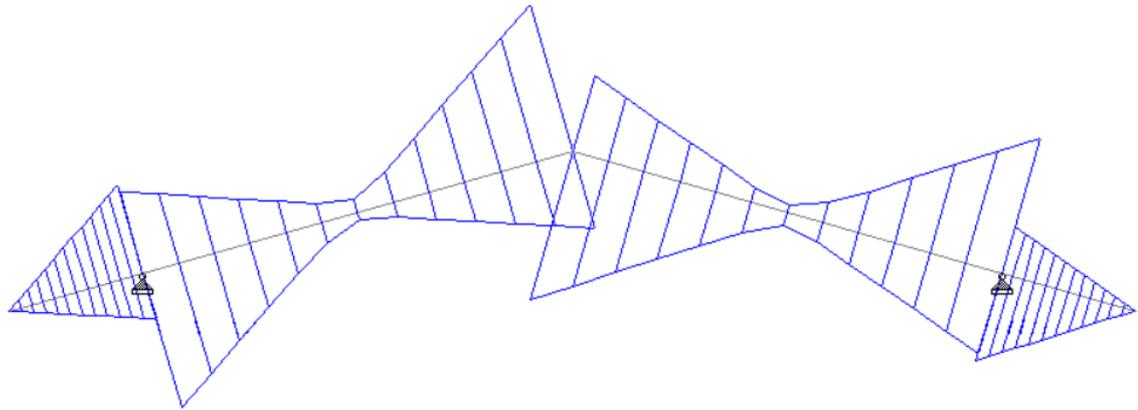
Figura 14.3.39 - Diagrama de desplazamientos determinante (S10).

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO		
L [cm]	820.000	
f adm = L / 200 [cm]	4.100	
S10	f [cm]	0.081
f/fadm	0.020	VERIFICA



Beam	L/C	Section	Axial Force kN	Shear-Y kN	Shear-Z kN	Torsion kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
2	26	1.000	29.146	-8.300	-0.000	-0.000	-0.000	4.392
2	30	1.000	19.706	-4.866	-0.000	-0.000	-0.000	2.939
2	29	1.000	19.313	-6.246	-0.000	-0.000	-0.000	2.939
2	32	0.500	-19.777	0.322	0.000	0.000	0.000	2.747

Figura 14.3.40 -Envolvente de Momentos Flectores y Momento Flector máximo.



Beam	L/C	Section	Axial Force kN	Shear-Y kN	Shear-Z kN	Torsion kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
3	26	0.000	29.146	8.300	0.000	0.000	0.000	4.392
3	35	0.000	15.636	7.692	0.000	0.000	0.000	2.483
3	26	0.083	29.194	7.026	0.000	0.000	0.000	2.387
3	31	1.000	-19.562	6.448	-0.000	-0.000	-0.000	-2.062
3	35	0.083	15.683	6.418	0.000	0.000	0.000	0.637

Figura 14.3.41 - Envoltente de Corte y Corte máximo.

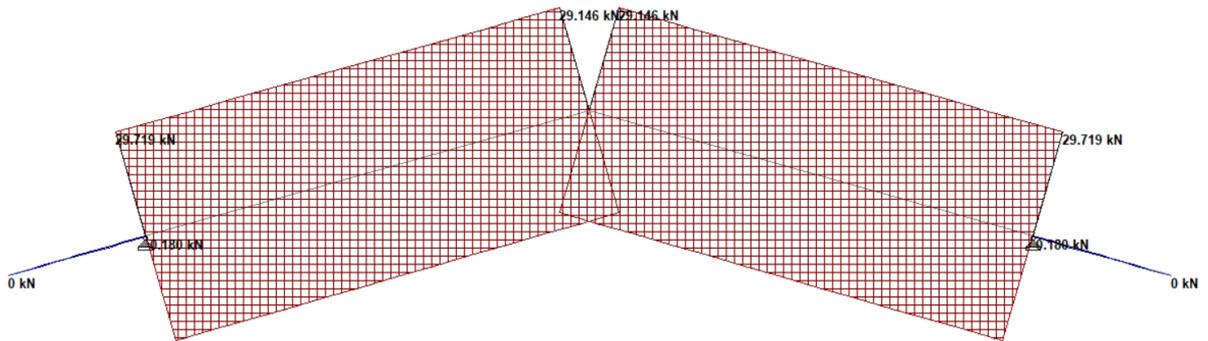


Figura 14.3.42 - Esfuerzo axial máximo (Compresión).

VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS			
VERIFICACIÓN A COMPRESIÓN			
Pandeo Global			
Pandeo según X		Pandeo según Y	
kx	1.000	ky	1.000
Lx [cm]	628.000	Ly [cm]	135.000
λ_x	95.441	λ_y	73.370
Resistencia de diseño a compresión			
λ_c	1.041	Fcr [kN/cm ²]	14.926
ϕ	0.850	Pd [kN]	298.148
Pu/Pd	0.300	VERIFICA	
VERIFICACIÓN A FLEXIÓN			
Mu [kNcm]		439.200	
Cálculo del momento nominal por plastificación			
Momento flector elástico: My = Sx Fy		2561.500	
Momento flector plástico: Mp = Zx Fy		2914.000	
Resistencia nominal a flexión: Mn plast		2914.000	
Verificación abollamiento			
Verificación pandeo local del ala	$\lambda = bf/(2 tf)$		5.541
	λ_p		11.086
	$\lambda_p > \lambda ?$	SI	VERIFICA
Verificación pandeo local del alma	$\lambda = hw/tw$		17.162
	λ_p		109.690
	$\lambda_p > \lambda ?$	SI	VERIFICA
Verificación pandeo local del alma			
Con carga aplicada en el ala superior	Lp [cm]		85.000
	X1 [kN/cm ²]		1726.400
	X2 [MPa-2]		8.660
	Fr [kN/cm ²]		6.900
	FL [kN/cm ²]		16.600
	Lr [cm]		272.000
	Lb [cm]		135.000
Flexión			
Lp < Lb < Lr ⇒ Estado límite de Pandeo lateral torsional			
Lp < Lb < Lr ⇒ Estado límite de Pandeo lateral torsional	Cb		1.000
	Mp [kNcm]		2914.000
	FL [kN/cm ²]		6.900
	Mr [kNcm]		752.100
	Mn [kNcm]		2335.952
	ϕ		0.900
	Md = $\phi * Mn$ [kNcm]		2102.357
Mu/Md	0.209	VERIFICA	

ACCIONES COMBINADAS		
Resistencia requerida de compresión: Pu [kN]		29.719
Resistencia de diseño a compresión: Pd [kN]		298.148
Pu/Pd		0.100
Resistencia a flexión requerida: Mu [kNcm]		439.200
Resistencia de diseño a flexión: Md [kNcm]		2102.357
Mu/Md		0.209
Verificación	0.259	VERIFICA

VERIFICACIÓN A CORTE		
Vu [kN]		8.300
h/tw límite inferior		71.474
h/tw límite superior		89.561
Área del alma: Aw [cm ²]		6.350
Resistencia nominal al corte Vn [kN]		89.535
Factor de minoración de resistencia por corte		0.900
Resistencia de diseño al corte Vd [kN]		80.582
Vu/Vd	0.103	VERIFICA

3.3.3. Resolución de encadenados

Las vigas estudiadas anteriormente apoyan, a través de insertos metálicos, sobre el encadenado superior de la mampostería portante. Este se adopta de 18x30 cm. Sobre el mismo se posicionan los insertos metálicos: placas metálicas que cuentan con 4 barras de $\phi 12$ mm. Éstas últimas deben contar con una longitud de anclaje dentro del encadenado que asegure el no desprendimiento de la cubierta cuando la misma se encuentra sometida a succión.

La longitud de anclaje se obtiene de la expresión 12-1 del Reglamento CIRSOC 201 - 2005:

$$l_d = \left[\frac{9}{10} \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \lambda}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right] d_b$$

en la cual $\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right) \leq 2,5$, dado que si es mayor se puede presentar una falla por arrancamiento y es poco probable que un aumento del recubrimiento, o de la armadura transversal, incremente la capacidad de anclaje.

El valor de c_b se debe adoptar como el menor valor entre la distancia desde el eje de una barra o alambre a la superficie del hormigón más próxima, o la mitad de la separación entre los ejes de las barras o alambres que se están anclando ($c_b = 25$ mm).

El valor de K_{tr} se puede adoptar igual a 0 como una simplificación de diseño aún en el caso de la existencia de armadura transversal.

Los parámetros restantes de la fórmula presentada para la longitud de anclaje se adaptan como sigue:

- $\psi_t = 1$ Otras situaciones (12.2.4)
- $\psi_e = 1$ Armadura sin revestir (12.2.4)
- $\psi_s = 0,8$ Barras y alambres conformados con $d_b \leq 16mm$ (12.2.4)
- $\lambda = 1$ Hormigón de densidad normal (12.2.4)

Longitud de anclaje			
fy [MPa]	42	λ	1
f'c [MPa]	25	ψ_t	1
db [mm]	12	ψ_e	1
cb [mm]	25	ψ_s	0.8
ld [cm]		34.84	

Se obtiene una longitud de 35 cm, la cual supera la altura del encadenado. Se propone entonces que el anclaje termine con un gancho normal. Para esta disposición, se emplea la fórmula del apartado 12.5.2 del Reglamento:

$$l_{dh} = \left(0,24 \psi_e \lambda \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

- $\psi_e = 1$ Armadura sin revestir (12.2.4)
- $\lambda = 1$ Hormigón de densidad normal (12.2.4)

Longitud de anclaje			
fy [MPa]	42	ψ_e	1
f'c [MPa]	25	λ	1
$f_y / \sqrt{f'_c}$	8.4	db [mm]	12
ldh [cm]		24.19	

Se adopta una longitud de 25 cm, la cual corresponde a la profundidad que debe ingresar la barra dentro del encadenado, mientras que el gancho debe tener una longitud $\geq 12 d_b = 144 mm$ (aproximadamente 15 cm).

En cuanto a la armadura del encadenado, se propone que el mismo cuente con 4 barras longitudinales de $\phi 10$ mm, 2 superiores y 2 inferiores y estribos de $\phi 6$ mm cada 20 cm.

Las barras longitudinales inferiores se empalman con las barras inferiores de $\phi 12$ mm de los dinteles. La longitud de empalme se obtiene del análisis del apartado 12.15.2 del Reglamento CIRSOC 201 - 2005.

Longitud de empalme	
As requerida [cm ²]	1.61
As adoptada [cm ²]	2.26
Relación	1.41
Clase	B
Empalme mín [cm]	45.50

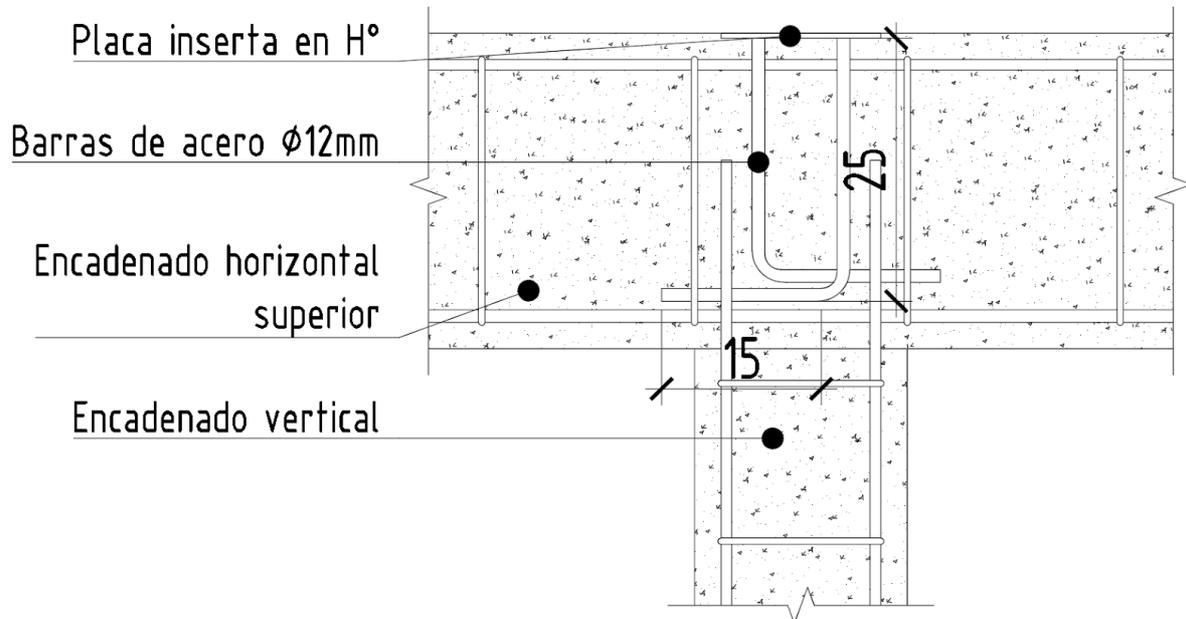


Figura 14.3.43 - Detalle armaduras encuentro encadenados.

En lo que respecta al encadenado inferior, se adopta una sección de 25x20, 4 barras longitudinales de $\phi 10$ mm y estribos de $\phi 6$ mm cada 20 cm.

3.3.3. Verificación de resistencia mampostería

Las cargas de la cubierta finalmente son tomadas por la mampostería portante de ladrillos macizos comunes. Para verificar la resistencia de esta, se toma en cuenta su peso propio y el del encadenado (además de la carga de la cubierta). Estas cargas se consideran distribuidas en el espesor de la mampostería para obtener la tensión última de compresión, la cual se compara con la admisible de 500 kN/m^2 .

Para obtener la carga de la cubierta distribuida en forma lineal, se suman las reacciones de las vigas verificadas anteriormente, y se las divide por la longitud del muro donde apoyan.

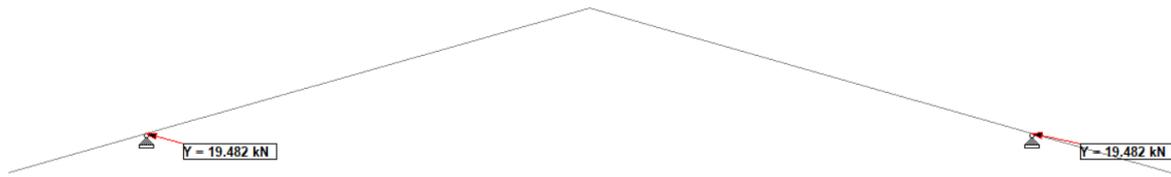


Figura 14.3.44 - Reacción vigas sobre mampostería portante (U2).

Mampostería Portante	
Peso Propio Mampostería	
Peso específico γ [kN/m ³]	17
Espesor [m]	0.3
PP por unidad de área [kN/m ²]	5.1
Altura mampostería [m]	2.4
PP lineal [kN/m]	12.24
Factor de amplific. carga	1.2
Peso Propio Encadenado	
Peso específico γ [kN/m ³]	25
Espesor [m]	0.18
Altura [m]	0.3
PP lineal [kN/m]	1.35
Factor de amplific. carga	1.2
Carga cubierta	
P por viga [kN]	19.48
Cant. Vigas	7
Long. muro [m]	18.00
qcubierta [kN/m]	7.58
Carga Total [kN/m]	23.88
σ [kN/m ²]	79.61
σ_{adm} [kN/m ²]	500
σ/σ_{adm}	0.15923
	Verifica

Verificación mampostería muros Norte y Sur.

Por otro lado, se verifica la mampostería de los muros perpendiculares a los analizados anteriormente. Si bien estos no reciben la carga de la cubierta, tienen una altura máxima mayor que los anteriores, por lo que es necesario verificar las tensiones en mampostería y suelo debido al mayor peso propio.

Mampostería Portante		
Peso Propio Mampostería		
Peso específico γ [kN/m ³]	17	
Espesor [m]	0.3	
PP por unidad de área [kN/m ²]	5.1	
Altura mampostería [m]	3.25	
PP lineal [kN/m]	16.575	
Factor de amplific. carga	1.2	
Peso Propio Encadenado		
Peso específico γ [kN/m ³]	25	
Espesor [m]	0.18	
Altura [m]	0.3	
PP lineal [kN/m]	1.35	
Factor de amplific. carga	1.2	
Carga Total [kN/m]	21.51	
σ [kN/m ²]	71.70	
σ_{adm} [kN/m ²]	500	
σ/σ_{adm}	0.143	Verifica

Verificación mampostería muros Este y Oeste.

3.3.4. Dimensionamiento de dinteles

Se materializa un dintel de hormigón de 18 cm de espesor y 30 de altura para salvar la luz de las ventanas de 3,5m proyectadas. De estos se verifica su flecha y se dimensionan armaduras de tracción y estribos.

DINTELES - Desp. Máximo		D01
Long. ventana [cm]		350
$f_{adm} = L / 200$ [cm]		1.75
b_w [cm]		18
h [cm]		30
q [kN/cm]		0.020
f [cm]		0.041
f/f_{adm}	0.02323	Verifica

DINTELES - ARM. LONG.		D01
Long. ventana		3.50
Sección	bw [cm]	18
	h [cm]	30
Mfu [kNm]		11.60
Recubrimiento [cm]		2.00
Øestribos [cm]		0.60
Øbarras [cm]		1.20
d [m]		0.27
φ		0.90
Mn [kNm]		12.89
mn		0.04
ω_e		0.04
a [m]		0.01
c [m]		0.015
ϕ [rad/m]		0.20
ϵ		0.05
A calculo [cm ²]		1.17
A minima 1 [cm ²]		1.44
A minima 2 [cm ²]		1.61
A determinante [cm ²]		1.61
Aadoptada [cm ²]		2 ϕ 12

Se adoptan 2 ϕ 12 inferiores para los dinteles.

DINTELES - ESTRIBOS		D01
Long. ventana		3.50
Sección	bw [cm]	18
	d [cm]	26.80
Vu [kN]		13.26
Vn [kN]		15.60
Vc [kN]		40.20
Avmin [cm ²]		1.41
Sep. max [cm]		26.80
Sep. cálculo [cm]		39.60
Aadoptada [cm ²]		1 ϕ 6 c/20 cm

Se adoptan 1 ϕ 6 cada 20 cm.

3.3.5. Fundaciones

Verificación de zapatas

Finalmente, las cargas se transmiten al suelo mediante una zapata corrida. Se verifican las tensiones de compresión generadas adoptando una zapata de 60 cm de alto y 45 de ancho.

En este caso se utilizan las reacciones máximas de las vigas en servicio, y se las divide por la longitud del muro donde apoyan.

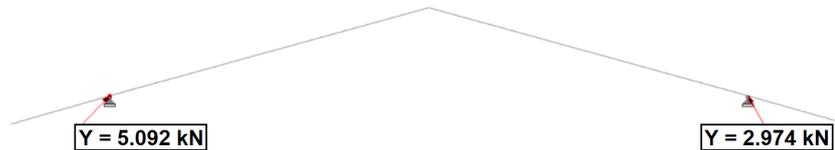


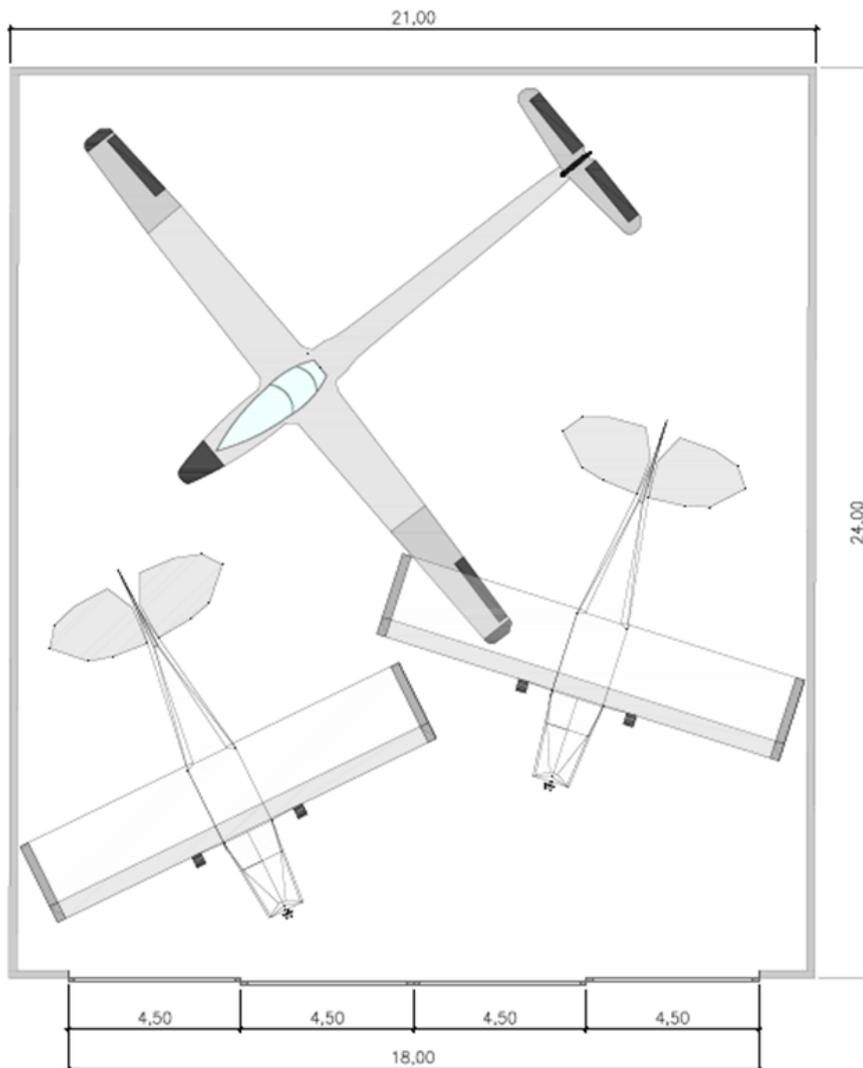
Figura 14.3.45 - Reacción vigas sobre mampostería portante en servicio (S7).

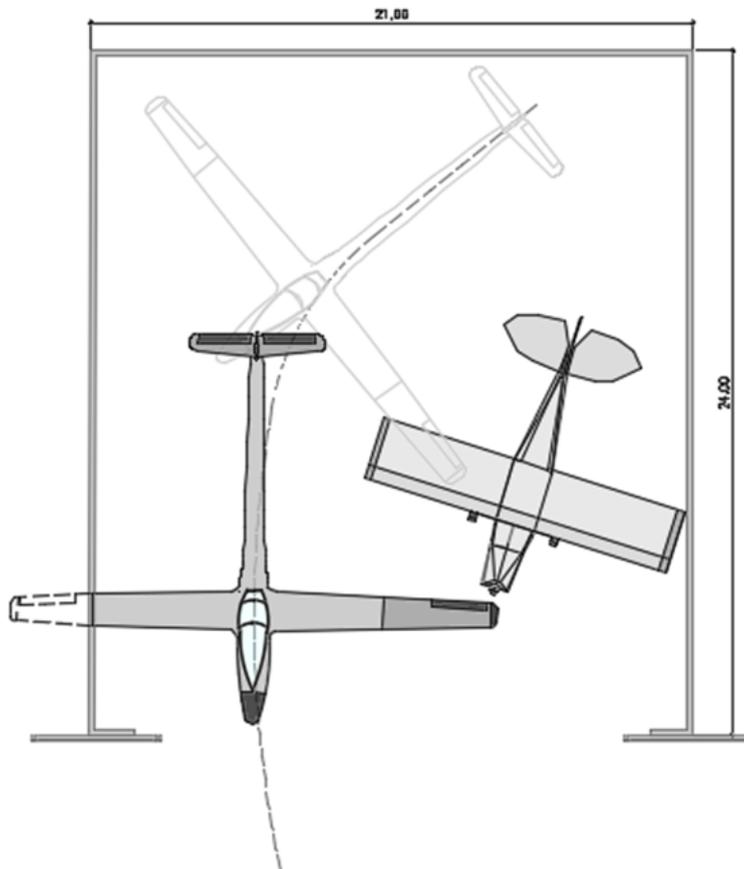
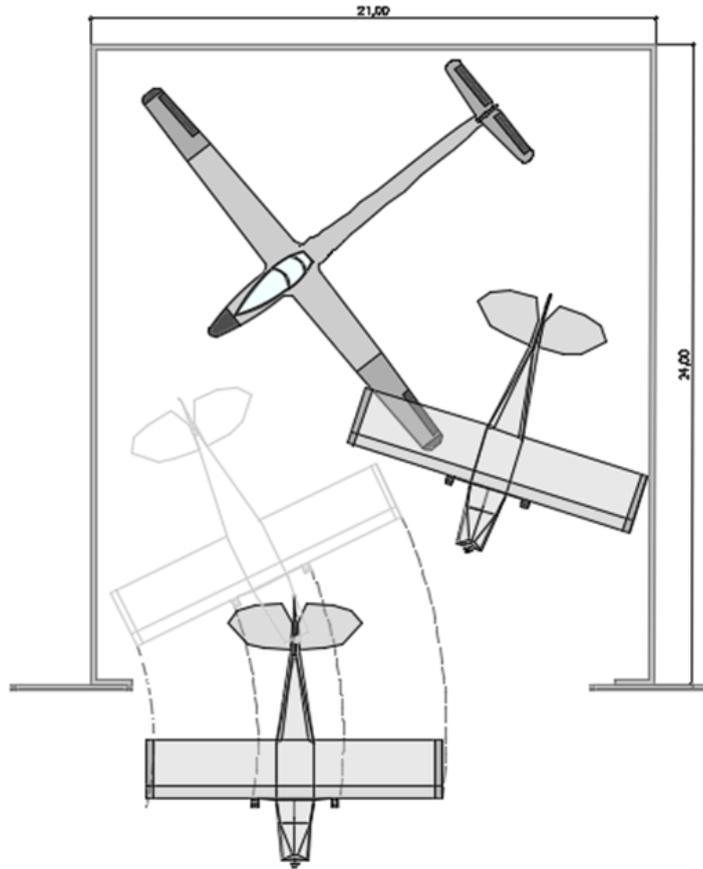
Zapata corrida muros Norte y Sur	
Peso Propio Mampostería	
Peso específico γ [kN/m ³]	17
Espesor [m]	0.3
PP por unidad de área [kN/m ²]	5.1
Altura mampostería [m]	2.5
PP lineal [kN/m]	12.75
Peso Propio Encadenados	
Peso específico γ [kN/m ³]	25
Espesor Enc. Sup [m]	0.18
Espesor Enc. Inf. [m]	0.25
Altura Enc. Sup [m]	0.3
Altura Enc. Inf. [m]	0.2
PP lineal Enc. Sup. [kN/m]	1.35
PP lineal Enc. Inf. [kN/m]	1.25
Carga cubierta	
P por viga [kN]	5.09
Cant. Vigas	7
Long. muro [m]	18.00
q _{cubierta} [kN/m]	1.98
Carga Total [kN/m]	17.33
Ancho zapata [m]	0.8
σ [kN/m ²]	21.66
σ_{adm} [kN/m ²]	29
σ/σ_{adm}	0.747
	Verifica

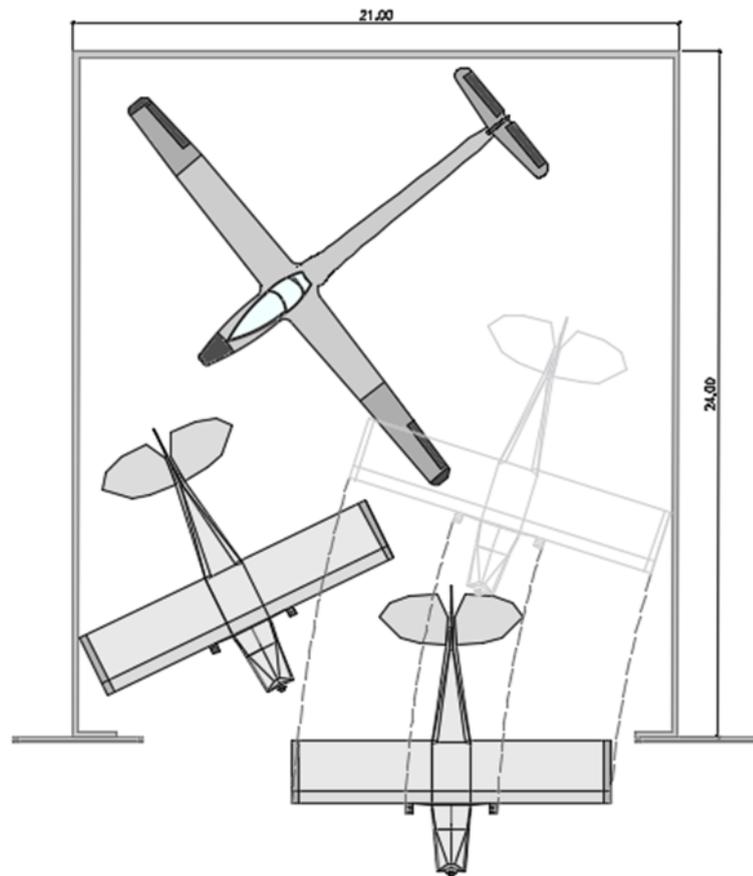
Zapata corrida muros Este y Oeste	
Peso Propio Mampostería	
Peso específico γ [kN/m ³]	17
Espesor [m]	0.3
PP por unidad de área [kN/m ²]	5.1
Altura mampostería [m]	3.4
PP lineal [kN/m]	17.34
Peso Propio Encadenados	
Peso específico γ [kN/m ³]	25
Espesor Enc. Sup [m]	0.18
Espesor Enc. Inf. [m]	0.25
Altura Enc. Sup [m]	0.3
Altura Enc. Inf. [m]	0.2
PP lineal Enc. Sup. [kN/m]	1.35
PP lineal Enc. Inf. [kN/m]	1.25
Carga Total [kN/m]	19.94
Ancho zapata [m]	0.8
σ [kN/m ²]	24.93
σ_{adm} [kN/m ²]	29
σ/σ_{adm}	0.859
	Verifica

3.4. Cálculo estructural Hangar

A continuación se presenta el diseño del funcionamiento del ingreso/egreso del hangar proyectado en función del que se determinaron las dimensiones del mismo.







3.4.1. Cargas

Para el dimensionamiento de la estructura se consideran los estados de carga en servicio y últimos obtenidos de las combinaciones de carga.

- SOBRECARGA MÍNIMA DE CUBIERTA (L_r):

La **sobrecarga de cubierta** por metro cuadrado de proyección horizontal L_r se obtiene como indica el CIRSOC 101 en su apartado 4.9.

$$L_r = 0,96 R_1 R_2 \quad \text{con } 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

SISTEMA PRINCIPAL (pórtico)			
Separación entre pórticos:	$S_p =$	6,00 m	
Luz del pórtico	$L =$	21,0 m	
Área tributaria = $S_p * Luz$	$A_t =$	126,0 m ²	area infl.(faja)
R_1 depende de A_t	$R_1 =$	0,6	($A_t > 56m^2$)
R_2 depende de F	$F =$	1,83	($F=0,12*PENDIENTE\%$)
	$R_2 =$	1	($F < 4$)
Sobrecarga de cubierta:	$L_r =$	0,58KN/m ²	
Sobrecarga de cubierta:	L_r adopt =	0,58KN/m²	

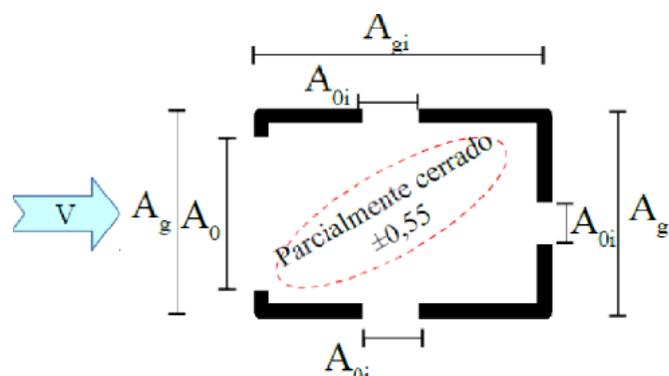
CORREAS			
Luz correas = Sp	Sp =	6,00 m	
Separación entre correas techo:	Sc =	1,3 m	area infl.
Área tributaria = Sp*Sc	At =	7,8 m ²	
R ₁ depende de At	R ₁ =	1	(At < 19m ²)
R ₂ depende de F	F =	1,83	(F=0,12*PENDIENTE%)
	R ₂ =	1	
Sobrecarga de cubierta:	Lr =	0,96KN/m ²	

- CARGA DE VIENTO (W):

En cuanto a la acción del **viento**, se tienen los siguientes datos:

UBICACIÓN		Rufino
CATEGORÍA		II
EXPOSICIÓN		C
VELOCIDAD BÁSICA	V	50 m/s
TOPOGRÁFICO	kzt	1
DIRECCIONALIDAD	Kd	0,85
IMPORTANCIA	I	1
FACTOR DE RÁFAGA	G	0,85
INCLINACIÓN CUBIERTA	θ	9,000
CTE DE EXP. DEL TERRENO	z _g	274 m
EXPONENTE α	α	9,5 m
ALT MEDIA CUBIERTA	h	4,20 m
COEF DE PRESION INTERNA	G _{cpi}	0,55

El coeficiente de presión interna es G_{cpi}=0.55 debido a que se trata de un edificio parcialmente cerrado.



Esto es así ya que se cumplen las siguientes condiciones:

- El área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva excede la suma de las áreas de aberturas en el resto de la envolvente del edificio (paredes y cubierta) en más del 10%.

- El área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva excede el valor menor entre 0,4 m² ó el 1% del área de dicha pared, y el porcentaje de aberturas en el resto de la envolvente del edificio no excede el 20%.

Es decir:

$$A0 > 1, 10A0i$$

$$A0 > \min (0, 4m^2; 0, 01Ag) \text{ y } A0i/Ag \leq 0, 20$$

La presión del viento en la estructura se obtiene utilizando las expresiones del Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones – CIRSOC 102, en este caso se trata de un edificio bajo.

Las expresiones utilizadas son las mismas que se mencionaron anteriormente en el cuerpo del anexo.

PRESIÓN DE VIENTO EN LA ESTRUCTURA			
P= qz.(G.Cp) - qi.(GCpi)			
PRESIÓN DINÁMICA EXTERNA		Pared a barlovento	
qz=0,613.Kzt.Kd.V	1.30.Kz	[kN/m ²]	<i>Varía con la altura</i>
z [m]	Kz	qz [kN/m ²]	De Tabla 5: Exposición C , caso 1 Kz= 2,01*(5/zg)^(2/α) Kz= 2,01*(z/zg)^(2/α) Según Tabla 4, α = 9,5, Zg= 274
5.00	0.87	1.13	
5.80	0.89	1.16	
PRESIÓN DINÁMICA INTERNA		Para todas las superficies y direcciones	
qi=0,613.Kzt.Kd.V ²	1.30 . Kz	[kN/m ²]	<i>No varía con la altura</i>
h [m]	Kz	q [kN/m ²]	De Tabla 5: Exposición C , caso 1 Kz= 2,01*(5/zg)^(2/α) Kz= 2,01*(z/zg)^(2/α) Según Tabla 4, α = 9,5
4.20	0.87	1.13	

PRESIÓN DE DISEÑO PARA SISTEMA PRINCIPAL (PARA EDIFICIOS DE BAJA ALTURA)	
p=qh.[(GCpf)-(Gcpi)]	(Ec 16, cap 5)

- Presión de diseño para sistema principal resistente al viento

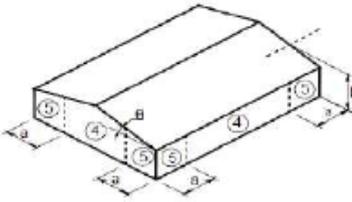
SISTEMA PRINCIPAL RESISTENTE AL VIENTO							
Viento A (perpendicular a la cumbrera)							
L	21.00 m						
B	24.00 m						
h	4.20 m						
L/B	0.88						
h/L	0.20						
		GCpi		0.55			
				-0.55			
		INCLINACIÓN CUBIERTA		θ	9.000		
				+Gcpi		-Gcpi	
Cara	z	q [kN/m ²]	Cp	qz.(G.Cp)	qi.(GCpi)	P pres int [kN/m ²]	P succ int [kN/m ²]
1	5.00	1.13	0.80	0.77	0.62	0.15	1.39
1	5.80	1.16	0.80	0.79	0.62	0.17	1.41
2	4.20 m	1.13	-0.50	-0.48	0.62	-1.10	0.14
3	4.20 m	1.13	-0.70	-0.67	0.62	-1.29	-0.05
4	4.20 m	1.13	-0.70	-0.67	0.62	-1.29	-0.05
5	4.20 m	1.13	-0.70	-0.67	0.62	-1.29	-0.05
6	4.20 m	1.13	-0.30	-0.29	0.62	-0.91	0.33
							Pared a barlovento
							Pared a barlovento
							Pared a sotavento
							Pared lateral
							Pared lateral
							Cubierta a barlovento
							Cubierta a sotavento

SISTEMA PRINCIPAL RESISTENTE AL VIENTO							
Viento B (paralelo a la cumbrera)							
L	24.00 m						
B	21.00 m						
h	4.20 m						
L/B	1.14						
h/L	0.18						
				Con gcpi 0,55		Con gcpi - 0,55	
Cara	z	q [kN/m ²]	Cp	qz.(G.Cp)	qi.(GCpi)	P pres int [kN/m ²]	P succ int [kN/m ²]
1	4.20 m	1.13	-0.70	-0.67	0.62	-1.29	-0.05
2	4.20 m	1.13	-0.70	-0.67	0.62	-1.29	-0.05
3	5.00	1.13	0.8	0.77	0.62	0.15	1.39
3	5.80	1.16	0.8	0.79	0.62	0.17	1.41
4	4.2 m	1.13	-0.50	-0.48	0.62	-1.10	0.14
0 a h/2 (0 a 2,1)	4.2 m	1.13	-0.90	-0.86	0.62	-1.48	-0.24
h/2 a h (2,1 a 4,2)	4.2 m	1.13	-0.90	-0.86	0.62	-1.48	-0.24
h a 2h (4,2 a 8,4)	4.2 m	1.13	-0.50	-0.48	0.62	-1.10	0.14
>2h (>8,4)	4.2 m	1.13	-0.30	-0.29	0.62	-0.91	0.33
							Pared lateral
							Pared lateral
							Pared a barlovento
							Pared a barlovento
							Pared a sotavento
							Cubierta
							Cubierta
							Cubierta
							Cubierta

- Presión de diseño para componentes y revestimientos

CORREAS		
h	4.20 m	
qh	1.13KN/m2	
Luz correas cubierta	6.00 m	
Luz correas pared lateral	6.00 m	
Luz correas pared frente	5.75 m	
Separación entre correas techo	1.15 m	
Separación entre correas pared	1.05 m	
Área Efectiva (pared lateral)	Luz*sep correas =	6.3 m2
	Luz*(Luz/3) =	12.0 m2
Área Efectiva (pared frente)	Luz*sep correas =	6.0 m2
	Luz*(Luz/3) =	11.0 m2
Área Efectiva (cubierta)	Luz*sep correas =	6.9 m2
	Luz*(Luz/3) =	12.0 m2
Gcpi	Pres +	Succ -
	0.55	-0.55

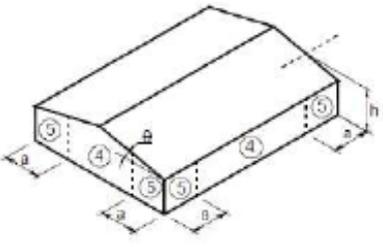
Correas de Paredes frontales				
Zona	GCp +	GCp -	P suc int + [kN/m ²]	P pres int - [kN/m ²]
4	0.72	-0.81	1.43	-1.53
5	0.72	-0.90	1.43	-1.63
Correas de Paredes laterales				
Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m ²]	P - [kN/m ²]
4	0.63	-0.72	1.33	-1.43
5	0.63	-0.72	1.33	-1.43
Correas de Cubierta				
Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m ²]	P - [kN/m ²]
1	0.2	-0.9	0.85	-1.63
2	0.2	-1.1	0.85	-1.86
3	0.2	-1.1	0.85	-1.86



Los valores de GCp (Fig. 5A) deben reducirse un 10% cuando ang. < 10°

CHAPAS		
h	4.20 m	
qh	1.13KN/m2	
Luz chapa de techo	1.15 m	
Luz chapa de paredes	1.05 m	
Paso de las chapas	0.253 m	
Área Efectiva chapa techo	Luz*paso =	0.29 m2
	Luz*(Luz/3) =	0.44 m2
Área Efectiva chapa pared	Luz*paso =	0.27 m2
	Luz*(Luz/3) =	0.37 m2
Gcpi =	Pres +	Succ -
	0.55	-0.55

Chapas de Paredes				
Zona	GCp +	GCp -	P suc int + [kN/m ²]	P pres int - [kN/m ²]
4	0.9	-0.99	1.63	-1.74
5	0.9	-1.26	1.63	-2.04
Chapas de Cubierta				
Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m ²]	P - [kN/m ²]
1	0.3	-1	0.96	-1.75
2	0.3	-1.8	0.96	-2.65
3	0.3	-2.8	0.96	-3.78



Los valores de GCp (Fig. 5A) deben reducirse un 10% cuando ang. < 10°

3.4.2. Resumen cargas

Pórtico Principal				
Carga D	Peso	Peso propio elementos del pórtico		
		Peso propio correa	0,66	[Kn]
LR	Sobrecarga cubierta	Sobrecarga cubierta izquierda	3,48	[Kn/m]
		Sobrecarga cubierta derecha	3,48	[Kn/m]
VIENTO	W perpendicular a la cumbrera presión	Pared a barlovento	1,03	[Kn/m]
		Pared a sotavento	-6,59	[Kn/m]
		Cubierta a barlovento	-7,74	[Kn/m]
		Cubierta a sotavento	-5,44	[Kn/m]
	W perpendicular a la cumbrera succión	Pared a barlovento	8,46	[Kn/m]
		Pared a sotavento	0,85	[Kn/m]
		Cubierta a barlovento	-0,30	[Kn/m]
		Cubierta a sotavento	1,99	[Kn/m]
	W paralelo a la cumbrera presión	Pared lateral	-7,74	[Kn/m]
		Cubierta	-8,89	[Kn/m]
	W paralelo a la cumbrera succión	Pared lateral	-0,30	[Kn/m]
		Cubierta	-1,45	[Kn/m]

3.4.3. Resumen combinaciones de carga

Combinaciones en servicio:

⊕ C 13 : D+LR1	⊕ C 70 : D+0.7(LR1+LR2+W3)
⊕ C 17 : D+LR2	⊕ C 74 : D+0.7(LR1+LR2+W4)
⊕ C 21 : D+LR1+LR2	⊕ C 78 : D+0.7(W1+T)
⊕ C 25 : D+W1	⊕ C 79 : D+0.7(W2+T)
⊕ C 26 : D+W2	⊕ C 80 : D+0.7(W3+T)
⊕ C 27 : D+W3	⊕ C 81 : D+0.7(W4+T)
⊕ C 28 : D+W4	⊕ C 82 : D+0.7(LR1+T)
⊕ C 29 : D+T	⊕ C 86 : D+0.7(LR2+T)
⊕ C 30 : D+0.7(LR1+W1)	⊕ C 90 : D+0.7(LR1+LR2+T)
⊕ C 34 : D+0.7(LR1+W2)	⊕ C 94 : D+0.6(LR1+W1+T)
⊕ C 38 : D+0.7(LR1+W3)	⊕ C 98 : D+0.6(LR1+W2+T)
⊕ C 42 : D+0.7(LR1+W4)	⊕ C 102 : D+0.6(LR1+W3+T)
⊕ C 46 : D+0.7(LR2+W1)	⊕ C 106 : D+0.6(LR1+W4+T)
⊕ C 50 : D+0.7(LR2+W2)	⊕ C 110 : D+0.6(LR2+W1+T)
⊕ C 54 : D+0.7(LR2+W3)	⊕ C 114 : D+0.6(LR2+W2+T)
⊕ C 58 : D+0.7(LR2+W4)	⊕ C 117 : D+0.6(LR2+W3+T)
⊕ C 62 : D+0.7(LR1+LR2+W1)	⊕ C 121 : D+0.6(LR2+W4+T)
⊕ C 66 : D+0.7(LR1+LR2+W2)	⊕ C 122 : D+0.6(LR1+LR2+W1+T)
	⊕ C 126 : D+0.6(LR1+LR2+W2+T)
	⊕ C 130 : D+0.6(LR1+LR2+W3+T)
	⊕ C 134 : D+0.6(LR1+LR2+W4+T)

Combinaciones en estado último:

⊕ C 138 : 1.4D	⊕ C 174 : 1.2D+1.6(LR1+LR2)+0.8W4	⊕ C 231 : 1.2D + 0.5LR1 + 0.8W2
⊕ C 139 : 1.2D+0.5LR1+1.2T	⊕ C 175 : 1.2D + 0.5 LR1 + 1.5 W1	⊕ C 235 : 1.2D + 0.5LR1 + 0.8W3
⊕ C 143 : 1.2D+0.5LR2+1.2T	⊕ C 179 : 1.2D + 0.5 LR1 + 1.5 W2	⊕ C 239 : 1.2D + 0.5LR1 + 0.8W4
⊕ C 147 : 1.2D+0.5(LR1+LR2)+1.2T	⊕ C 183 : 1.2D + 0.5 LR1 + 1.5 W3	⊕ C 243 : 1.2D + 0.5LR2 + 0.8W1
⊕ C 151 : 1.2D+1.6LR1	⊕ C 187 : 1.2D + 0.5 LR1 + 1.5 W4	⊕ C 247 : 1.2D + 0.5LR2 + 0.8W2
⊕ C 155 : 1.2D+1.6LR2	⊕ C 191 : 1.2D + 0.5 LR2 + 1.5 W1	⊕ C 251 : 1.2D + 0.5LR2 + 0.8W3
⊕ C 159 : 1.2D+1.6(LR1+LR2)	⊕ C 195 : 1.2D + 0.5 LR2 + 1.5 W2	⊕ C 255 : 1.2D + 0.5LR2 + 0.8W4
⊕ C 163 : 1.2D+1.6LR1+0.8W1	⊕ C 199 : 1.2D + 0.5 LR2 + 1.5 W3	⊕ C 259 : 1.2D + 0.5 (LR1+ LR2) + 0.8W1
⊕ C 164 : 1.2D+1.6LR1+0.8W2	⊕ C 203 : 1.2D + 0.5 LR2 + 1.5 W4	⊕ C 263 : 1.2D + 0.5 (LR1+ LR2) + 0.8W2
⊕ C 165 : 1.2D+1.6LR1+0.8W3	⊕ C 207 : 1.2D + 0.5 (LR1 + LR2) + 1.5 W1	⊕ C 267 : 1.2D + 0.5 (LR1+ LR2) + 0.8W3
⊕ C 166 : 1.2D+1.6LR1+0.8W4	⊕ C 211 : 1.2D + 0.5 (LR1 + LR2) + 1.5 W2	⊕ C 271 : 1.2D + 0.5 (LR1+ LR2) + 0.8W4
⊕ C 167 : 1.2D+1.6LR2+0.8W1	⊕ C 215 : 1.2D + 0.5 (LR1 + LR2) + 1.5 W3	
⊕ C 168 : 1.2D+1.6LR2+0.8W2	⊕ C 219 : 1.2D + 0.5 (LR1 + LR2) + 1.5 W4	
⊕ C 169 : 1.2D+1.6LR2+0.8W3	⊕ C 223 : 0.9D + 1.5W1	
⊕ C 170 : 1.2D+1.6LR2+0.8W4	⊕ C 224 : 0.9D + 1.5W2	
⊕ C 171 : 1.2D+1.6(LR1+LR2)+0.8W1	⊕ C 225 : 0.9D + 1.5W3	
⊕ C 172 : 1.2D+1.6(LR1+LR2)+0.8W2	⊕ C 226 : 0.9D + 1.5W4	
⊕ C 173 : 1.2D+1.6(LR1+LR2)+0.8W3	⊕ C 227 : 1.2D + 0.5LR1 + 0.8W1	

3.4.5. Verificaciones en servicio y en estado último

3.4.5.1. Componentes y revestimientos

Verificación de la chapa

Se presentan a continuación tablas con los datos y cálculos realizados para verificar la chapa adoptada tanto a succión y como a presión.

Datos chapa:		
Chapa trapezoidal T 101		
Espesor :	e	0.7 mm
Separación entre correas de techo:	L	1,15/1,3
Paso de la chapa		0.253 m
Peso propio de la chapa:	qd	0.07KN/m ²
Pendiente de cubierta:	θ	9.00º

La resistencia de la chapa se obtiene de los catálogos que se muestran a continuación según la separación de correas:

SOBRECARGA GRAVITATORIA O VIENTO PRESION																							
CARGA MAXIMA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EXPRESADA EN KN/m ² (1) PARA DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m - FLECHA M																							
Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00		1.20		1.40		1.60		1.80		2.00		2.20		2.40		2.60		2.80		3.00	
		FLECHA																					
0.41		2.26	3.42	1.56	1.96	1.14	1.22	0.86	0.81	0.67	0.55	0.54	0.39	0.44	0.29	0.36	0.21	0.30	0.16	0.26	0.12	0.22	0.09
		3.09	8.27	2.14	4.77	1.56	2.99	1.18	1.99	0.93	1.39	0.74	1.00	0.61	0.74	0.51	0.56	0.43	0.43	0.36	0.34	0.31	0.27
		3.80	6.50	2.63	3.74	1.92	2.34	1.46	1.56	1.15	1.08	0.92	0.78	0.75	0.58	0.63	0.43	0.53	0.33	0.45	0.26	0.39	0.20
0.50		2.75	3.93	1.90	2.25	1.38	1.40	1.05	0.92	0.82	0.64	0.65	0.45	0.53	0.33	0.44	0.24	0.37	0.18	0.31	0.14	0.26	0.10
		3.64	9.50	2.51	5.48	1.84	3.43	1.39	2.28	1.09	1.59	0.88	1.15	0.72	0.85	0.59	0.64	0.50	0.50	0.42	0.39	0.36	0.31
		4.56	7.46	3.15	4.30	2.31	2.69	1.75	1.79	1.38	1.24	1.11	0.89	0.91	0.66	0.75	0.50	0.64	0.38	0.54	0.30	0.47	0.23
0.71		4.87	7.07	3.36	4.06	2.45	2.53	1.86	1.68	1.46	1.16	1.17	0.83	0.95	0.60	0.79	0.45	0.66	0.34	0.56	0.26	0.48	0.20
		5.46	17.07	3.77	9.85	2.76	6.18	2.09	4.12	1.64	2.87	1.32	2.08	1.08	1.54	0.89	1.17	0.75	0.91	0.64	0.71	0.55	0.57
		6.85	13.42	4.73	7.74	3.46	4.85	2.63	3.23	2.07	2.25	1.66	1.62	1.36	1.20	1.13	0.91	0.96	0.70	0.82	0.55	0.70	0.43
0.89		6.52	9.38	4.50	5.39	3.29	3.37	2.50	2.23	1.96	1.54	1.57	1.10	1.28	0.81	1.06	0.60	0.89	0.46	0.76	0.35	0.65	0.27
		6.82	22.65	4.71	13.07	3.44	8.20	2.62	5.47	2.05	3.81	1.64	2.76	1.34	2.05	1.12	1.56	0.94	1.21	0.80	0.95	0.69	0.76
		8.55	17.80	5.91	10.27	4.32	6.44	3.29	4.28	2.58	2.98	2.08	2.15	1.70	1.60	1.42	1.21	1.19	0.94	1.02	0.73	0.88	0.58

VIENTO SUCCION																							
CARGA MAXIMA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EXPRESADA EN KN/m ² (1) PARA DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m - FLECHA M																							
Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00		1.20		1.40		1.60		1.80		2.00		2.20		2.40		2.60		2.80		3.00	
		FLECHA																					
0.41		3.17	4.35	2.21	2.53	1.63	1.61	1.26	1.09	1.00	0.78	0.82	0.58	0.68	0.44	0.58	0.35	0.50	0.28	0.44	0.23	0.39	0.20
		2.34	10.40	1.64	6.03	1.21	3.81	0.94	2.57	0.75	1.81	0.61	1.33	0.51	1.01	0.44	0.79	0.38	0.63	0.33	0.51	0.29	0.42
		2.92	8.19	2.04	4.76	1.51	3.01	1.16	2.03	0.93	1.44	0.76	1.06	0.63	0.80	0.54	0.63	0.46	0.50	0.40	0.41	0.36	0.34
0.50		3.73	4.92	2.61	2.87	1.93	1.82	1.49	1.24	1.18	0.88	0.97	0.66	0.81	0.50	0.69	0.40	0.59	0.32	0.52	0.27	0.46	0.23
		2.84	11.76	1.99	6.83	1.47	4.31	1.14	2.91	0.91	2.05	0.74	1.51	0.62	1.15	0.53	0.89	0.46	0.71	0.40	0.58	0.36	0.48
		3.54	9.26	2.47	5.38	1.83	3.41	1.41	2.30	1.12	1.63	0.92	1.20	0.77	0.91	0.65	0.71	0.56	0.57	0.49	0.47	0.43	0.39
0.71		5.59	7.88	3.91	4.59	2.89	2.91	2.23	1.97	1.77	1.41	1.45	1.04	1.21	0.80	1.03	0.63	0.88	0.51	0.77	0.42	0.68	0.35
		5.00	18.83	3.49	10.93	2.58	6.91	1.99	4.65	1.59	3.28	1.30	2.41	1.08	1.83	0.92	1.42	0.80	1.13	0.69	0.92	0.61	0.76
		6.23	14.83	4.35	8.61	3.21	5.45	2.47	3.67	1.97	2.60	1.61	1.91	1.34	1.45	1.14	1.13	0.98	0.91	0.85	0.74	0.75	0.61
0.89		6.99	9.89	4.88	5.76	3.61	3.66	2.78	2.48	2.21	1.76	1.81	1.31	1.51	1.00	1.28	0.79	1.10	0.64	0.96	0.53	0.85	0.45
		6.68	23.64	4.67	13.71	3.45	8.67	2.66	5.83	2.12	4.12	1.73	3.03	1.45	2.29	1.23	1.79	1.06	1.42	0.92	1.16	0.82	0.95
		8.33	18.62	5.81	10.81	4.29	6.84	3.31	4.61	2.63	3.26	2.14	2.40	1.79	1.82	1.51	1.42	1.30	1.14	1.13	0.93	1.00	0.77

Una observación a realizar es que se interpola en aquellos casos donde la separación de correas no se encuentre en las tablas.

S entre correas=1.15m	
Q adm de presión	5,26
Q adm de succión	-4,82
S entre correas=1.30m	
Q adm de presión	3,67
Q adm de succión	-3,41

DIMENSIONAMIENTO DE LAS CHAPAS DE CUBIERTA			
ZONA 1			
Cargas con presión interna		Cargas con succión interna	
qD	0.067KN/m ²	qD'	0.066KN/m ²
qD'	0.066KN/m ²	qW	-1.747KN/m ²
qLr	0.960KN/m ²	qLr'	0.937KN/m ²
qLr'	0.937KN/m ²		
qW	0.958KN/m ²		
Combinaciones de cargas de Servicio		Combinaciones de cargas de Servicio	
q1 = qD' + qW	1.024KN/m ²	q1 = qD' + qw	-1.681KN/m ²
q2 = qD' + qLr'	1.002KN/m ²	Verifica	
q3 = qD' + 0,7*(qLr' + qw)	1.392KN/m ²		
Verifica			
ZONA 2			
Cargas con presión interna		Cargas con succión interna	
qD	0.067KN/m ²	qD'	0.066KN/m ²
qD'	0.066KN/m ²	qW	-2.649KN/m ²
qLr	0.960KN/m ²	qLr'	0.937KN/m ²
qLr'	0.937KN/m ²		
qW	0.958KN/m ²		
Combinaciones de cargas de Servicio		Combinaciones de cargas de Servicio	
q1 = qD' + qW	1.024KN/m ²	q1 = qD' + qw	-2.583KN/m ²
q2 = qD' + qLr'	1.002KN/m ²	Verifica	
q3 = qD' + 0,7*(qLr' + qw)	1.392KN/m ²		
Verifica			
ZONA 3			
Cargas con presión interna		Cargas con succión interna	
qD	0.067KN/m ²	qD'	0.066KN/m ²
qD'	0.066KN/m ²	qW	-3.776KN/m ²
qLr	0.960KN/m ²	qLr'	0.937KN/m ²
qLr'	0.937KN/m ²		
qW	0.958KN/m ²		
Combinaciones de cargas de Servicio		Combinaciones de cargas de Servicio	
q1 = qD' + qW	1.024KN/m ²	q1 = qD' + qw	-3.710KN/m ²
q2 = qD' + qLr'	1.002KN/m ²	Verifica	
q3 = qD' + 0,7*(qLr' + qw)	1.392KN/m ²		
Verifica			

DIMENSIONAMIENTO DE LAS CHAPAS DE PARED			
ZONA 4			
Cargas de Presión		Cargas de Succión	
qW =	1.634KN/m ²	qW	-1.736KN/m ²
Combinaciones de cargas de Servicio		Combinaciones de cargas de Servicio	
qs1 = qw	1.634KN/m ²	qs1 = qw	-1.736KN/m ²
Verifica		Verifica	
ZONA 5			
Cargas de Presión		Cargas de Succión	
qW1 =	1.634KN/m ²	qW	-2.040KN/m ²
Combinaciones de cargas de Servicio		Combinaciones de cargas de Servicio	
qs1 = qW1	1.634KN/m ²	qs1 = qw	-2.04KN/m ²
Verifica		Verifica	

Verificación de las correas

Se adoptan perfiles conformado en frío tipo C y se realizan las verificaciones correspondientes de resistencia y deformación. Se considera que las correas trabajan como simplemente apoyadas. Para lograr esto, se realizan agujeros ovalados en un extremo. Se evaluarán ELS (flecha) y ELU (resistencia).

Se verifican las correas a flexión tanto para presión como succión a partir del reglamento CIRSOC 303, teniendo en cuenta que los perfiles adoptados poseen labios y alas totalmente efectivos en flexión y compresión y almas totalmente efectivas en flexión para la mayor inercia, para lo cual no es necesario la verificación a pandeo local.

Para las correas de pared se verifica la zona 5 que es la que da peores condiciones y para las correas de techo se verifican las zonas 2 y 3.

Material		
Acero F-24		
Fy=	23,50	kN/cm ²
Fu=	37,00	kN/cm ²
E=	20000	kN/cm ²
g=	78,33	kN/m ³

Correas paredes:

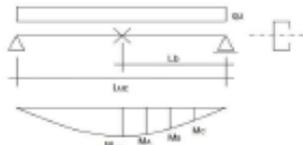
Perfil propuesto		
C 180x80x30x3,2		
A	[cm ²]	12,13
Peso de la correa [Kn/m]		0,095
Jx	[cm ⁴]	611,9
Jy	[cm ⁴]	112,4
Sx	[cm ³]	67,99
ly=jy/2	[cm ⁴]	56,2

S entre correas [m]	1,05
Luz [m]	5,75
Área efectiva [m ²]	
A1= S.correas*I	6,04
A2=l*I/3	11,02

Verificaciones en estado último:

Última	Presión	q1+ [Kn/m]	2,09	1.2D+0.5Lr+1.5Wp
		q2+ [Kn/m]	1,12	1.2*D+1.6*Lr+0.8Wp
		Qu+[Kn/m]	2,09	
	Succión	Qu-[Kn/m]	-2,25	0.9*D+1.5*Wn

Las correas se verifican arriostradas al chapeado para cargas de presión, donde el ala comprimida arriostrada al revestimiento. Por otro lado, se verifican arriostradas al medio, debido a que se proyectan tillas que se vinculan en la mitad de la longitud de las correas. Por último, se verifican al chapeado en succión donde el ala traccionada es la que se encuentra en contacto con la chapa.

$Mu=q \cdot l^2/8$							
Mu+ [Knm]	8.66						
Mu- [Knm]	-9.32						
cb	1.29						
Lb [m]	2.88						
Fe [Kn/cm2]	45.84						
Fc [Kn/cm2]	22.39						
		<i>Fe</i> tensión elástica crítica de pandeo lateral-torsional <i>Fc</i> : Tensión crítica					
Arriostrado en el chapeado							
$Md = \phi S Fy$	Md+=	14.38	kNm	Verificación	Mu+/Md+	0.60	OK
Arriostrado al medio							
$Md = \phi S Fc$	Md=-	-13.70	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0.68	OK
Chapeado en succion							
$Md = \phi S Fy R$	Md+=	-9.35	kNm	Verificación	Mu-/Md-	1.00	OK
$R (165 < d < 216mm) =$	0.65						

Verificaciones en servicio:

La flecha máxima para deformaciones verticales se obtiene de la tabla A-L.4.1 del reglamento.

Cargas		
Permanente D	0,00	kN/m
CV 0,96kN/m2 Lr	0,00	kN/m
W succión Wn	-1,50	kN/m
W presión Wp	1,40	kN/m

Flecha		$f = (5/384) (q \times Luz^4) / (E \times J)$					
fadm (Carga de Viento)= Luz/180		3.19	cm				
fadm (D+CV)= Luz/150		3.83	cm				
Servicio	Lr	q+	0.00	kN/m => f	0.00	cm	OK
	W	q-	-1.50	kN/m => f	-1.75	cm	OK
	D+Lr	q+	0.00	kN/m => f	0.00	cm	OK
	D+Wn	q-	-1.50	kN/m => f	-1.75	cm	OK
	D+Wp	q-	1.40	kN/m => f	1.62	cm	OK

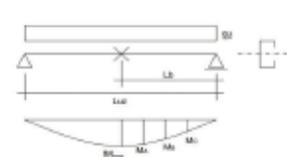
Correas techo:

Perfil propuesto		
C 200x80x30x4,75		
A	[cm ²]	18,47
Peso de la correa [Kn/m]		0,145
Jx	[cm ⁴]	1106,48
Jy	[cm ⁴]	159,55
Sx	[cm ³]	110,55
ly=jy/2	[cm ⁴]	79,775

Separación entre correas [m]	1,15
Luz [m]	6,00
Ángulo [grados]	9,00
Área efectiva [m ²]	
A1= S.correas*I	6,90
A2=l*I/3	12,00

Verificaciones en estado último:

Última	Presión	q1+ [Kn/m]	2,26	1.2D+0.5Lr+1.5Wp
		q2+ [Kn/m]	2,76	1.2*D+1.6*Lr+0.8Wp
		Qu+[Kn/m]	2,76	
	Succión	Qu-[Kn/m]	-3,01	0.9*D+1.5*Wn

Mu=q*I ² /8							
Mu+ [Knm]	12.44						
Mu- [Knm]	-13.55						
cb	1.29						
Lb [m]	1.50						
Fe [Kn/cm ²]	163.33						
Fc [Kn/cm ²]	23.50						
		<i>Fe</i> : tensión elástica crítica de pandeo lateral-torsional <i>Fc</i> : Tensión crítica					
Arriostado en el chapeado							
Md= φ S Fy	Md+=	23.38	kNm	Verificación	Mu+/Md+	0.53	OK
Arriostado al medio							
Md= φ S Fc	Md=-	-23.38	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0.58	OK
Chapeado en succión							
Md= φ S Fy R	Md=-	-15.20	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0.89	OK
R (165 < d < 216mm)=	0.65						

Verificaciones en servicio:

Cargas		
Permanente D	0,22	kN/m
CV 0,96kN/m ² Lr	1,08	kN/m
W succión Wn	-2,14	kN/m
W presión Wp	0,97	kN/m

Flecha	$f = (5/384) (q \times Luz^4) / (E \times J)$						
fadm (Carga de Viento)= Luz/180	3.33	cm					
fadm (D+CV)= Luz/150	4.00	cm					
Servicio	Lr	q+	1.08	kN/m => f	0.82	cm	OK
	Wn	q-	-2.14	kN/m => f	-1.63	cm	OK
	D+Lr	q+	1.30	kN/m => f	0.99	cm	OK
	D+Wn	q-	-1.92	kN/m => f	-1.46	cm	OK
	D+Wp	q-	1.19	kN/m => f	0.91	cm	OK

3.4.5.2. Sistema Principal

Verificación de la cabriada en estado último:

Para verificar los elementos de la cabriada se utilizaron las combinaciones últimas obtenidas de Staad Pro.

CABRIADA		
	Cordón inferior	Cordón superior
Beam	C74	C3
Pu [kN]	298,76	278,00
Load Case	225	172
Beam	T74	T3
Tu [kN]	224,00	413,97
Load Case	172	225
Perfil propuesto 2L empresillados espalda con espalda	L102x9.5	L102x9.5
sep entre perfiles[cm]	0,8	0,8
a sep entre presillas [cm]	38	38
Propiedades Mecánicas		
E [MPa]	200000	200000
Fy [MPa]	235	235
Fu [Mpa]	370	370
Propiedades Geométricas		
Ag1 [cm ²]	18,63	18,63
ex=ey [cm]	2,85	2,85
Iy1=Ix1 [cm ⁴]	179,81	179,81
Iv [cm ⁴]	70,56	70,56
Iy [cm ⁴] como armado (Steiner)	753,18	753,18
rx [cm]	3,11	3,11
ry [cm] (de un perfil)	3,11	3,11
ry [cm] como armado	4,50	4,50
b/t	10,74	10,74
rv [cm]	1,95	1,95

	Cordón Superior	Cordón inferior
Pandeo Local		
lr [Tabla B.5.1 caso 6]	13,13	13,13
Qs	1	1,00
Pandeo Global		
Eje x - x [Plano pórtico]		
kx	1	1,00
Lx [cm]	130	130,00
lx = kx lx / rx	41,8	41,84
	<200 - OK	<200 - OK
Eje y - y [Plano \perp al pórtico]		
ky	1	1
Ly [cm]	582	582,00
lo = ky ly / ry	129,45	129,45
α	1,05	1,05
a/rib	12,23	12,23
lm	129,70	129,70
a/rv \leq 3/4 (kL/r)	OK	OK
Verifica	$\lambda m < 200$ - OK	<200 - OK
Resistencia a compresión		
lc = max (lm; lx)/91,65	1,415	1,415
Fcr [kN/cm ²]	10,16	10,16
ϕ_c	0,85	0,85
Pn [kN] = Fcr*Ag1*2 perfiles	378,70	378,70
ϕ_c Pn [kN]	321,90	321,90
	> 298,76- OK	> 278- OK
Pu/Pd	0,93	0,86
Resistencia a tracción		
	FLUENCIA	
ϕ_t	0,9	0,9
Tn = Fy*Ag1*2 [kN]	875,61	875,61
ϕ_t Tn [kN]	788,049	788,049
	> 224- OK	> 413,97- OK
Tu/Td	0,28	0,53

CABRIADA			
	Diagonales		
	1(1.776)	2 (1.422)	3(1.653)
Beam	C16	C23	C40
Pu [kN]	30,81	135,6	135,4
Load Case	167	225	225
	T33	T41	T24
Tu [kN]	31,43	154	154,24
Load Case	168	225	225
Perfil	9	15	15
Perfil propuesto 2 L empresillados espalda con espalda en T	L38x4.8	L51x6.4	L51x6.4
sep entre perfiles[cm]	0,8	0,8	0,8
a sep entre presillas [cm]	59,20	47,40	55,10
L tracción [cm]	177,60	142,20	165,30
Propiedades Mecánicas			
E [MPa]	200000		
Fy [MPa]	235		
Fu [Mpa]	370		
Propiedades Geométricas			
Ag1 [cm2]	3,46	6,17	6,17
ex=ey [cm]	1,10	1,49	1,49
Iy1=Ix1 [cm4]	4,45	14,45	14,45
Iv [cm4]	1,78	5,80	5,80
Iy [cm4] como armado (Steiner)	24,47	72,98	72,98
rx [cm]	1,13	1,53	1,53
ry [cm] como armado	1,88	2,43	2,43
b/t	7,92	7,97	7,97
rv [cm]	0,72	0,97	0,97

	Diagonales		
	1(1.776)	2 (1.422)	3(1.653)
Pandeo Local			
lr [Tabla B.5.1 caso 6]	13,13	13,13	13,13
Qs	1	1	1
Pandeo Global			
Eje x - x [Plano pórtico]			
kx	1	1	1
Lx [cm]	177,60	142,20	165,30
lx = kx lx / rx	156,6	92,9	108,0
	<200 - OK	<200 - OK	<200 - OK
Eje y - y [Plano \perp al pórtico]			
ky	1	1	1
Ly [cm]	177,60	142,20	165,30
lo = ky ly / ry	94,45	58,47	67,97
$\alpha = h/2rib$	1,32	1,24	1,24
a/rib	82,54	30,97	36,00
lm	111,69	62,40	72,54
a/rv $\leq 3/4$ (kL/r)	OK	OK	OK
	<200 - OK	<200 - OK	<200 - OK
Resistencia a compresión			
lc = max (lm; lx)/91,65	1,709	1,014	1,179
Fcr [kN/cm ²]	7,06	15,28	13,14
ϕ_c	0,85	0,85	0,85
Pn [kN] = Fcr*Ag1*2 perfiles	48,85	188,60	162,14
$\phi_c P_n$ [kN]	41,52	160,31	137,82
	> 30,81- OK	> 135,6- OK	> 135,4- OK
Pu/Pd	0,74	0,85	0,98
Resistencia a tracción			
	FLUENCIA		
ϕ_t	0,9	0,9	0,9
Tn=FY*Ag1*2 [kN]	162,62	289,99	289,99
$\phi_t T_n$ [kN]	146,358	260,991	260,991
	> 31,43- OK	> 154- OK	> 154,24- OK
Tu/Td	0,21	0,59	0,59

Verificación de las columnas en estado último:

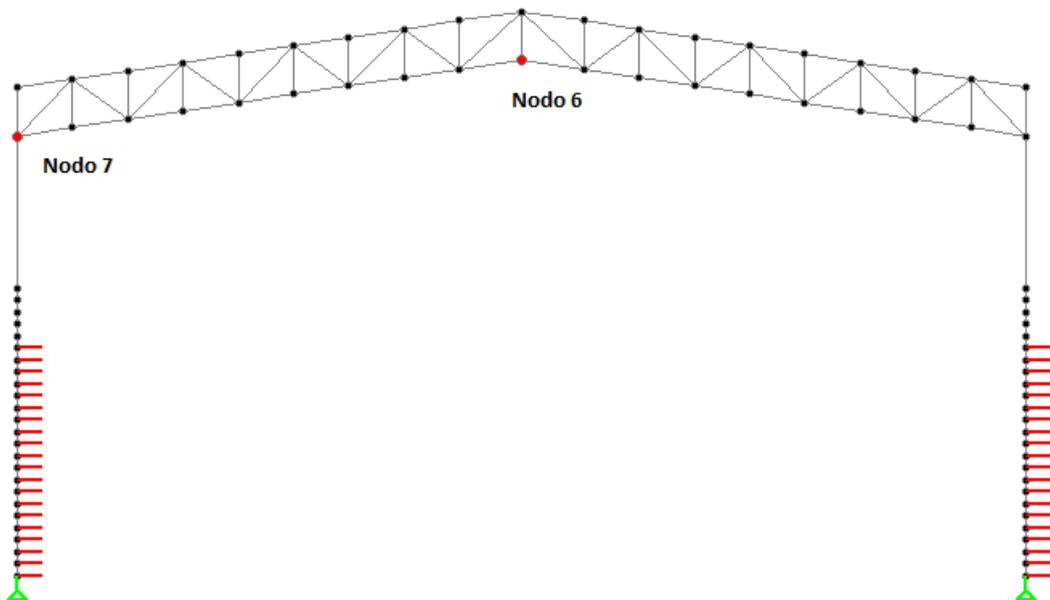
Columna			
Caso	Max Pu	Max Mu	Max Vu
Beam	2	1	43
Pu [kN]	91,11	0	7,82
Load Case	172	225	225
Tu [kN]	0	126,98	0
Mu [kNcm]	9940	13700	12951
Vu max [kN]	89,4	129	129,43
Perfil propuesto IPE	IPE 330	IPE330	IPE330
Propiedades Mecánicas			
E [MPa]	200000		
Fy [MPa]	235		
Propiedades Geométricas			
Ag [cm ²]	62,60	62,60	62,60
Jx [cm ⁴]	11770,00	11770,00	11770,00
Jy [cm ⁴]	788,00	788,00	788,00
Zx [cm ³]	804,00	804,00	804,00
Sx [cm ³]	713,40	713,40	713,40
J [cm ⁴]	20,50	20,50	20,50
rx [cm]	13,71	13,71	13,71
ry [cm]	3,55	3,55	3,55
h [cm]	330	330	330
t [cm]	11,50	11,50	11,50
tw [cm]	7,50	7,50	7,50
b/2tf	8,70	8,70	8,70
h/tw	44,00	44,00	44,00

Columna			
Caso	Max Pu	Max Mu	Max Vu
Pandeo local			
lr ala (compr)	16,34	16,34	16,34
Qs	1	1	1
lp alma	88,93	109,69	107,91
Qa	1	1	1
Q	1	1	1
Momento plástico			
Mp [kNcm] = Zx Fy	18894	18894	18894
1,5 My [kNcm] = 1,5 Sx Fy	25147,3	25147,3	25147,3
Mn=min[Zx Fy,1,5 Sx Fy]	18894	18894	18894
Pandeo Lateral Torsional			
Lb[cm]	319	319	319
Lp [cm] carga aplicada en el ala superior	164,57	164,57	164,57
Fl=Fy-Fr [Mpa]	166	166	166
X1 [Mpa]	13860,87	13860,87	13860,87
Lr [cm]	379,20	379,20	379,20
Cb	1	1	1
Mr [kNcm]	11842,4	11842,4	11842,4
Mcritico [kNcm]	140772,5	140772,5	140772,5
Mn [kNcm] =min(MP, PLT)	18894,0	18894,0	18894,0
Pandeo global			
Eje x - x [Plano pórtico]			
kx	1,2	1,2	1,2
lx [cm]	319	319	319
lx = kx lx / rx	27,9	27,9	27,9
	<200 - OK	<200 - OK	<200 - OK
Eje y - y [Plano ⊥ al pórtico]			
ky	1	1	1
ly [cm]	319	319	319
ly = ky ly / ry	89,9	89,9	89,9
	<200 - OK	<200 - OK	<200 - OK

Columna			
Caso	Max Pu	Max Mu	Max Vu
Resistencia Flexocompresión			
$l_c = \max(l_x; l_y)/91,65$	0,98		0,98
Fcr [kN/cm ²]	15,71		15,71
ϕ_c	0,85		0,85
ϕ_b	0,90		0,90
$P_n = F_{cr} \cdot A$ [kN]	983,33		983,33
$P_u / (f P_n)$	0,11		0,01
	1)		1)
1) $P_u / (2 f P_n) + M_u / (f_b M_{nx})$	0,64		0,77
2) $P_u / f P_n + 8/9 M_u / (f_b M_{nx})$	0,629		0,686
	< 1 - OK		< 1 - OK
Resistencia Flexotracción			
ϕ_t		0,9	
ϕ_b		0,90	
$T_n = F_y A$ [kN]		1471,1	
$T_u / (f T_n)$		0,10	
		1)	
1) $P_u / (2 f P_n) + M_u / (f_b M_{nx})$		0,85	
2) $P_u / f P_n + 8/9 M_u / (f_b M_{nx})$		0,812	
		< 1 - OK	
Resistencia al corte			
h/t_w	44,00	44,00	44,00
$2,45 \sqrt{E/F_y}$	71,47	71,47	71,47
$3,07 \sqrt{E/F_y}$	89,56	89,56	89,56
V_n [kN]	32465,25	32465,25	32465,25
V_d [kN]	29218,73	29218,73	29218,73
V_u / V_d	0,003	0,004	0,004
	< 1 - OK	< 1 - OK	< 1 - OK

Verificación en servicio:

Verificación deformaciones									
Pórtico	Dirección	Elemento	Luz/Altura [cm]	Carga Total			Flecha adm [mm]		f<=fadm
				Beam/número	Flecha [mm]	Load Case	Carga Total	Viento	
Pórtico Tipo	Vertical	Viga Ret.	2100	6	31,57	27: D+W3	105	-	Verifica
	Horizontal	Columna	319	7	8,97	25: D+W1	22	20	Verifica



3.4.6. Bases

BASES METÁLICAS PORTICO TÍPICO	
PROPIEDADES DEL MATERIAL:	
Acero F-24	
Fy =	23.5 KN/cm ²
Fu =	37 KN/cm ²
E =	20000 KN/cm ²
Hormigón H-30	
f'c =	3.00 KN/cm ²
φc =	0.60
PROPIEDADES DEL PERFIL	
h	33.00 cm
b	16.00 cm
DIMENSIONES DE BASE DE HORMIGÓN:	
BF =	23 cm
AF =	55 cm
G =	5 cm (Grouting)
DIMENSIONES DE PLACA METÁLICA:	
tp =	2.54 cm (espesor) 1"
B =	24 cm
A =	55 cm
L =	5.47 cm (distancia del borde al centro del perno)
D = A - 2*L =	19.8 cm (distancia entre ejes de pernos 2 centrales)
D = A - 2*L =	43.9 cm (distancia entre ejes de pernos 1 mas alejados)
D	32 cm (distancia entre ejes baricentros de pernos)
H = B - 2*L =	13.06 cm (distancia entre ejes de pernos)
NARIZ DE CORTE: IPE160	
Zx =	124 cm ³
AN =	16 cm
BN =	8.2 cm
P =	20 cm (distancia entre sup inf placa base y nariz de corte)
x = (P-G)/2 + G =	12.5 cm
PERNOS ANCLADOS EN H ² :	
∅ =	2.54 cm (1") SAE 1020
Ag =	5.07 cm ²
Fu =	38.00 kN/cm ²
n° de pernos =	8 (4 a cada lado)

REACCIONES COLUMNA		
Máxima compresión = Pu =	91.20 kN	Máxima compresión
Corte concomitante = Vu =	42.20 kN	ESTADO 1: Combinación 172
Momento concomitante = Mu =	3910.00 kNcm	
M* = Mu + Vu*x =	4437.50 kNcm	
(excentricidad del esfuerzo normal) e = M*/Pu	48.66 cm	
A/6 =	9.17 cm	e > A/2, elevada excentricidad
T en los pernos = T = -Pu/n°pernos + (M*/D)/n° pernos/2	23.27 kN	
Máxima tracción = Tu =	127.00 kN	Máxima tracción
Corte concomitante = Vu =	38.10 kN	ESTADO 2: Combinación 225
Momento concomitante = Mu =	4330.00 kNcm	
M* = Mu + Vu*x =	4806.25 kNcm	
T en los pernos = T = Tu/n°pernos + (M*/D)/n° pernos/2	53.42 kN	
Máximo Corte = Vu =	55.4 kN	Máximo corte y momento
Axial concomitante (tracción)	99 kN	ESTADO 3: Combinación 223
Momento concomitante = Mu =	5123 kNcm	
M* = Mu + Vu*x =	5815.50 kNcm	
T en los pernos = T = Tu/n°pernos + (M*/D)/n° pernos/2	57.81 kN	

VERIFICACIÓN DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	
Tu1=	57.81 KN (Tu1 = tracción en el perno más cargado)
$\phi_t =$	0.75
$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot 0,75 \cdot F_u \cdot A_g =$	108.31 KN
VERIFICA:	SI
VERIFICACIÓN DE LA BASE DE H°	
Aplastamiento del H° bajo la placa	
Pu =	91.20 kN
Mu* =	4437.50 kNcm
A1 =	262.56 cm ² (área comprimida de Placa metálica)
A2 =	251.62 cm ² (área comprimida de H°)
$f_{adm} = 0,85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot v(A_2/A_1) \leq 1,70 \cdot \phi_c \cdot f_c =$	1.50 KN/cm (tensión admisible sobre el H°)
$f_p = (P_u/4 + M^*/D/2)/(2 \cdot L \cdot B)$	0.35 KN/cm (tensión de compresión bajo la placa)
VERIFICA:	SI
Aplastamiento por efecto de la nariz de corte	
Máximo Corte = Vu =	55.4 kN
Ph = Vu/((P-G)·BN) =	0.45 kN/cm ²
$f_{adm} = 0,85 \cdot \phi_c \cdot f_c =$	1.53 kN/cm ²
VERIFICA:	SI
VERIFICACIÓN DE LA PLACA BASE METÁLICA	
Momento producido por presión de la base	
Mu = fp · B · W ² /2	509.5 KNcm
$\phi_b =$	0.90
Mn = Fy · B · tp ² /4 =	909.68 KNcm
$\phi_b \cdot Mn =$	818.71 KNcm
VERIFICA:	SI
Momento producido por tracción en los pernos	
Máxima traccion = Tu1 =	57.81 KN
Z =	5.53 cm
BP =	24.00 cm
Mua = Tu1 · Z =	319.7 KNcm
$\Phi Mna = \Phi f_y \cdot BP/2 \cdot tp^2/4 =$	409.35 cm
VERIFICA:	SI
NARIZ DE CORTE	
Mu = Vu · X =	692.50 kNcm
$\Phi Mn = F_y \cdot Z_x$	2622.60 kNcm
VERIFICA:	SI

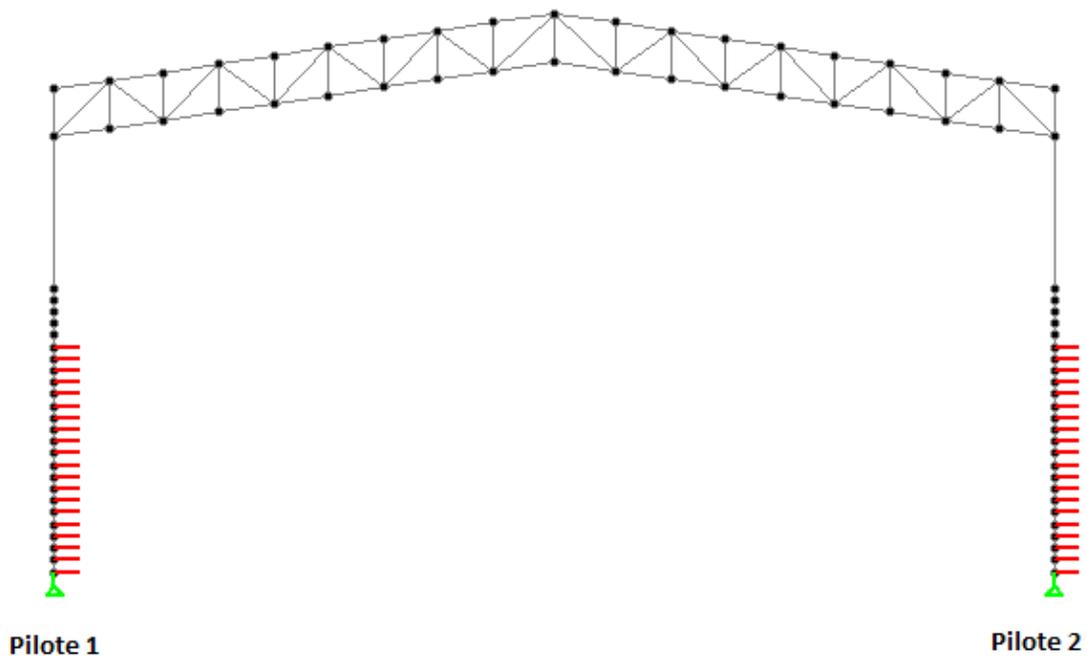
3.4.7. Fundaciones

Verificación de la capacidad del suelo:

Luego del proceso iterativo en el cual se proponen longitudes de pilotes, se modelan y se verifica la capacidad resistente del suelo, se concluye que es necesario adoptar pilotes de $\phi = 80\text{cm}$ y $L=6,00\text{m}$. Se recuerda que se desprecia la capacidad de resistir esfuerzos del primer metro de suelo medido desde el NTN.

Una aclaración importante a realizar es que la verificación de la capacidad lateral del suelo, se realiza con el estado de carga que da una mayor reacción en los niveles superiores. Esto es así, porque al ser un suelo granular o poco cohesivo, la resistencia aumenta con la profundidad debido a que aumenta p_v (presión efectiva), resultando más condicionante la verificación en los primeros metros. Esto que se menciona se ve reflejado en el FS que se obtiene en los estratos más profundos.

La verificación final de la capacidad resistente del suelo se indica a continuación.



PILOTE 1										hr [m]	0,25
z	Load	Ri	Φ	Pi	Ci	Φ_i	γ	Pv	Pri	CF	Si coef>3 Verifica
[m]	case	[Kn]	[m]	[Kn/m2]	[Kn/m2]	[°]	[Kn/m3]	[Kn/m2]	[Kn/m2]		
0	25										
0,25	25										
0,5	25										
0,75	25										
1	25										
1,25	25	-12,55	0,8	-62,75	40	12	18,5	23,125	205	3,26	Verifica
1,5	25	-11,21	0,8	-56,07	40	12	18,5	27,75	226	4,03	Verifica
1,75	25	-8,37	0,8	-41,87	40	12	18,5	32,375	247	5,90	Verifica
2	25	-7,33	0,8	-36,67	38	12	18,5	37	263	7,18	Verifica
2,25	25	-6,34	0,8	-31,68	38	12	18,5	41,625	284	8,97	Verifica
2,5	25	-5,38	0,8	-26,90	38	12	18,5	46,25	305	11,36	Verifica
2,75	25	-4,46	0,8	-22,31	38	12	18,5	50,875	327	14,64	Verifica
3	25	-3,58	0,8	-17,91	38	12	18,5	55,5	348	19,42	Verifica
3,25	25	-2,74	0,8	-13,69	38	12	18,5	60,125	369	26,95	Verifica
3,5	25	-1,93	0,8	-9,63	38	12	18,5	64,75	390	40,53	Verifica
3,75	25	-1,14	0,8	-5,70	38	12	18,5	69,375	411	72,15	Verifica
4	25	-0,38	0,8	-1,90	38	12	18,5	74	432	227,58	Verifica
4,25	25	0,56	0,8	2,78	69	15	18,5	78,625	580	208,80	Verifica
4,5	25	1,67	0,8	8,37	69	15	18,5	83,25	604	72,16	Verifica
4,75	25	2,77	0,8	13,86	69	15	18,5	87,875	628	45,30	Verifica
5	25	3,86	0,8	19,28	69	15	18,5	92,5	651	33,78	Verifica
5,25	25	4,93	0,8	24,65	69	15	18,5	97,125	675	27,38	Verifica
5,5	25	5,99	0,8	29,95	69	15	18,5	101,75	698	23,31	Verifica
5,75	25	7,07	0,8	35,34	69	15	18,5	106,375	722	20,43	Verifica
6	25	4,07	0,8	40,69	69	15	18,5	111	745	18,32	Verifica

Desplazamiento Máximo	
PILOTE 1	
Load case	25
Δ (mm)	4,556
Δ_{adm} (mm)	25,4
Verifica	

VERIFICACIÓN HUNDIMIENTO											
PILOTE 1											
Estrato	Profundidad	Cota	Capacidad de punta	Capacidad por fricción	Φ	Nf	Nf acum	Np	Cmax	Tmax	Capacidad portante
	[m]	[cm]	[Kn/cm ²]	[Kn/cm ²]	[cm]	[Kn]	[Kn]	[Kn]	LC:21	LC:27	
E1	0 a 1.70	70	-	0,0019	80	33,43	33,43		128,40	77,32	Verifica
E2	1.7 a 4	230	0,026	0,0032	80	184,98	218,40	130,69			
E3	4 a 10	250	0,0568	0,00554	80	348,09	533,07	285,51			

PILOTE 2										hr [m]	0,25
z	Load	Ri	Φ	Pi	Ci	Φ_i	γ	Pv	Pri	CF	Si coef>3 Verifica
[m]	case	[Kn]	[m]	[Kn/m ²]	[Kn/m ²]	[°]	[Kn/m ³]	[Kn/m ²]	[Kn/m ²]		
0	126										
0,25	126										
0,5	126										
0,75	126										
1	126										
1,25	126	-10,02	0,8	-50,12	40	12	18,5	23,125	205	4,08	Verifica
1,5	126	-8,95	0,8	-44,74	40	12	18,5	27,75	226	5,05	Verifica
1,75	126	-6,67	0,8	-33,37	40	12	18,5	32,375	247	7,40	Verifica
2	126	-5,84	0,8	-29,18	38	12	18,5	37	263	9,02	Verifica
2,25	126	-5,03	0,8	-25,16	38	12	18,5	41,625	284	11,30	Verifica
2,5	126	-4,26	0,8	-21,32	38	12	18,5	46,25	305	14,33	Verifica
2,75	126	-3,53	0,8	-17,63	38	12	18,5	50,875	327	18,53	Verifica
3	126	-2,82	0,8	-14,11	38	12	18,5	55,5	348	24,66	Verifica
3,25	126	-2,14	0,8	-10,72	38	12	18,5	60,125	369	34,43	Verifica
3,5	126	-1,49	0,8	-7,46	38	12	18,5	64,75	390	52,29	Verifica
3,75	126	-0,86	0,8	-4,32	38	12	18,5	69,375	411	95,19	Verifica
4	126	-0,19	0,8	-0,96	38	12	18,5	74	432	450,41	Verifica
4,25	25	0,52	0,8	2,60	69	15	18,5	78,625	580	223,68	Verifica
4,5	25	1,41	0,8	7,07	69	15	18,5	83,25	604	85,49	Verifica
4,75	25	2,29	0,8	11,45	69	15	18,5	87,875	628	54,81	Verifica
5	25	3,16	0,8	15,78	69	15	18,5	92,5	651	41,26	Verifica
5,25	25	4,02	0,8	20,08	69	15	18,5	97,125	675	33,61	Verifica
5,5	25	4,87	0,8	24,35	69	15	18,5	101,75	698	28,68	Verifica
5,75	25	5,72	0,8	28,62	69	15	18,5	106,375	722	25,22	Verifica
6	25	3,29	0,8	32,89	69	15	18,5	111	745	22,66	Verifica

Desplazamiento Máximo	
PILOTE 2	
Load case	126
Δ (mm)	3,659
Δ_{adm} (mm)	25,4
Verifica	

VERIFICACIÓN HUNDIMIENTO											
PILOTE 2											
Estrato	Profundidad	Cota	Capacida d de punta	Capacida d por fricción	Φ	Nf	Nf acum	Np	Cmax	Tmax	Capacidad portante
									LC:66	LC:27	
	[m]	[cm]	[Kn/cm2]	[Kn/cm2]	[cm]	[Kn]	[Kn]	[Kn]	[Kn]	[Kn]	
E1	0 a 1.70	70	-	0,0019	80	33,43	33,43				Verifica
E2	1.7 a 4	230	0,026	0,0032	80	184,98	218,40	130,69	128,40	77,32	
E3	4 a 10	250	0,0568	0,00554	80	348,09	533,07	285,51			

Dimensionamiento armadura pilotes:

Para dimensionar la armadura del pilote se utilizan los esfuerzos obtenidos del Staad Pro para combinaciones últimas y se procesan en el CIRSOC DIM.

PILOTE 1		
Load case	Axial Force [kn]	Moment Z [kNm]
138	127,99	19,589
139	123,633	53,365
143	114,259	54,639
147	128,187	63,52
151	154,274	45,208
155	124,276	49,286
159	168,845	77,703
163	93,25	33,321
164	155,725	14,864
165	79,598	15,27
166	142,094	33,376
167	63,252	29,23
168	125,727	18,994
169	49,6	10,894
170	112,096	37,455
171	107,82	3,545
172	170,295	47,359

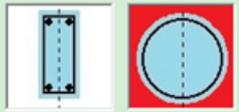
PILOTE 1		
Load case	Axial Force [kn]	Moment Z [kNm]
174	156,665	65,872
175	-81,265	121,547
179	126,354	31,224
183	-106,862	86,858
187	100,796	3,497
191	-90,639	120,272
195	116,979	29,949
199	-116,237	85,583
203	91,421	4,762
207	-76,712	111,392
211	130,907	21,069
215	-102,309	76,703
219	105,349	13,642
223	-99,999	134,625
224	84,999	44,302
225	-125,597	99,936
226	59,442	9,591
227	62,609	52,845
231	125,084	4,693
235	48,957	34,414
239	111,453	13,84
243	53,235	51,571
247	115,71	3,493
251	-50,895	33,078
255	102,079	15,114
259	67,162	42,69
263	129,637	5,558
267	53,51	24,33
271	116,007	23,995

PILOTE 1	
Load case	Corte [kn]
223	55,41

DIMENSIONADO Y VERIFICACION DE SECCIONES DE HORMIGON ARMADO NO PRETENSADO SEGUN CIRSOC 201-2005 - Versión 2.9.6.

Configuración Flexión CR Dimens. Flexión CR Verif. Flexión CO Pandeo **Corte** $f_c = 30\text{MPa}$ $f_y = 420\text{MPa}$

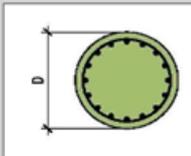
Elija el tipo de sección



Usar análisis más detallado
 Dimensionar para el corte total
 Dejar zonas sin armar

Geometría

D (m) =



Esfuerzos mayorados

Est	Vu (kN)	Nu (kN)
223	55.41	0

Ctrl+V: pega desde planilla de cálculo

Agregar Quitar último Borrar todo

Calcular

Resistencia al corte de la sección

$\Phi =$

Vn min (kN) =

Vc (kN) =

Vs necesaria (kN) =

$V_u \leq 0.5 \Phi V_c$

Igualmente se dispondrá armadura de corte mínima

Armado de la sección con estribos

Area necesaria (cm²/m) =

Diámetro barras (mm):

Separación estribos (cm) =

Area adoptada (cm²/m) =

Armadura mínima, Art. 11.5.6.3.

Valores finales

Vc (kN) =

Vs (kN) =

ΦV_n (kN) =

Vu (kN) =

$\Phi V_n \geq V_u$



Guardar Capturar

PILOTE 2		
Load case	Axial Force [kn]	Moment Z [kNm]
138	127,99	19,588
139	114,259	54,638
143	123,633	53,363
147	128,186	63,518
151	124,276	49,284
155	154,274	45,205
159	168,844	77,699
163	74,588	26,271
164	137,021	74,401
165	49,6	10,894
166	112,096	37,453
167	104,586	22,192
168	167,019	70,322
169	79,598	15,27
170	142,094	33,374

PILOTE 2		
Load case	Axial Force [kn]	Moment Z [kNm]
172	181,59	102,816
173	94,168	17,787
174	156,664	65,868
175	-69,384	16,204
179	138,156	74,038
183	-116,237	85,58
187	91,421	4,762
191	-60,01	17,479
195	147,53	72,763
199	-106,862	86,855
203	100,796	3,496
207	-55,456	7,325
211	152,084	82,918
215	-102,309	76,701
219	105,349	13,641
223	-78,744	30,556
224	106,176	59,709
225	-125,597	99,932
226	59,442	9,59
227	64,571	3,932
231	127,004	52,061
235	-50,895	33,078
239	102,079	15,114
243	73,945	2,68
247	136,378	50,786
251	48,957	34,413
255	111,453	13,839
259	78,499	12,811
263	140,932	60,941
267	53,51	24,33
271	116,006	23,993

DIMENSIONADO Y VERIFICACION DE SECCIONES DE HORMIGÓN ARMADO NO PRETENSADO SEGÚN CIRSOC 201-2005 - Versión 2.9.6.

Configuración Flexión CR Dimens. Flexión CR Verif. Flexión CO Pandeo Corte **$f_c = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 420 \text{ MPa}$**

Elija el tipo de sección

Geometría

Recub. (m) = 0.05

D (m) = 0.80

Estribos cerrados

Zunchos

Armaduras

Esfuerzos mayorados

Est.	Pu (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
225	-125.597	99.932	
226	59.442	9.59	
227	64.571	3.932	
231	127.004	52.061	
235	50.885	22.078	

Agregar Quitar último Borrar todo

Calcular

Armaduras

Cantidad Diam.

Barras: 14 16

Estribos: $\Phi 6$ c/19 cm

Ast (cm²) = 28.14

ρ (%) = 0.56

ΦP_n (kN) = 5561.65

ΦM_n (kNm) = 1150.29

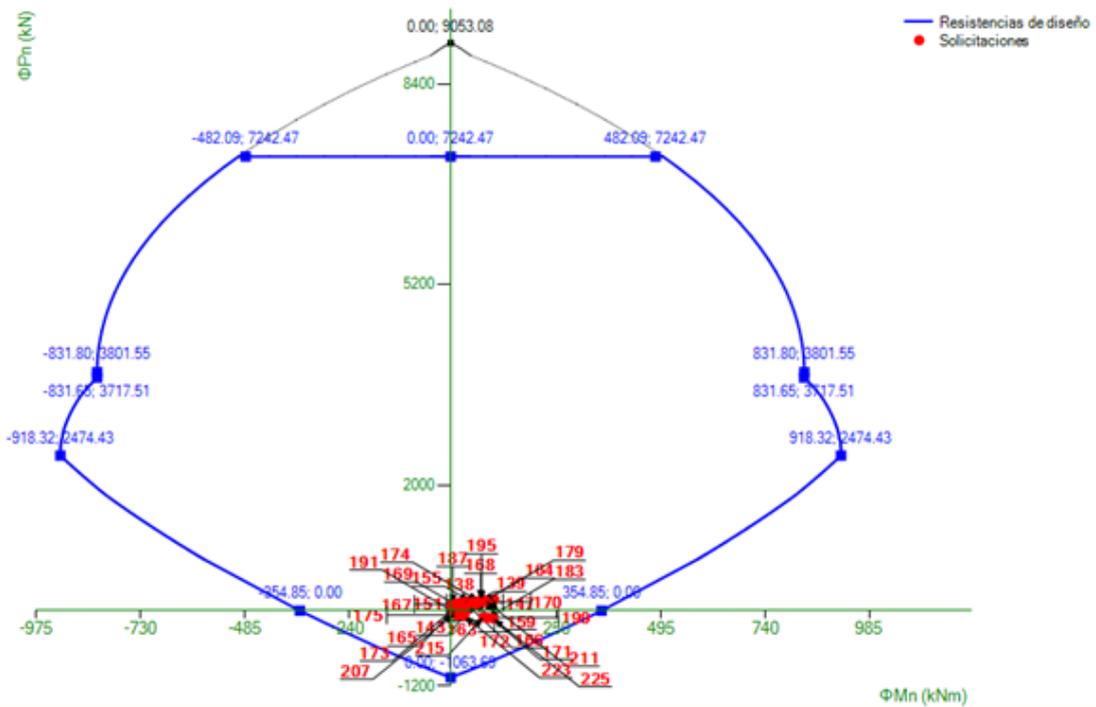
$\Phi P_n/P_u = \Phi M_n/M_u = 2.56$

Guardar Capturar

Recubrimiento mecánico = 0.064 m

Diagrama de interacción P-M

Diagrama de interacción Mx-My



PILOTE 2	
Load case	Corte [kn]
172	42,35

Finalmente, se adopta la misma armadura para ambos pilotes de manera de simplificar el trabajo en obra y evitar posibles errores.

Pilotes	
Φ [cm]	80
CP [cm]	-600
As vertical	14 Φ 16
Estribos	1 Φ 8c/15

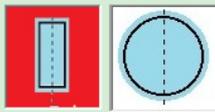
Dimensionamiento armadura fustes:

Se prevé la necesidad de colocar fustes para apoyar las columnas metálicas, estos son modelados en el Staad Pro, por lo que utiliza el programa para obtener los esfuerzos últimos.

FUSTE		
Load case	Axial Force [kn]	Moment Z [kNm]
138	27	-12,348
139	37,069	-38,246
143	37,069	38,245
147	41,624	-43,562
151	67,706	-31,978
155	67,706	31,978
159	82,282	-48,991
163	-15,848	-24,216
164	69,12	-50,833
165	-40,872	-12,986
166	55,526	-24,419
167	-27,257	-19,834
168	80,487	-46,451
169	-40,872	12,986
170	55,526	24,418
171	32,63	-34,857
172	93,432	-54,81
173	7,606	-8,408
174	70,102	-41,431
175	-81,335	-81,247
179	51,663	-52,622
183	-116,235	-60,191
187	14,231	-3,095
191	-90,706	-79,878
195	61,034	-51,253
199	-116,235	60,192
203	14,231	3,095
207	-76,78	-74,562
211	65,589	-57,938
215	-102,309	53,506
219	18,786	-8,412
223	-100,068	-89,21
224	41,322	-43,29
225	-125,597	68,154
226	-8,417	-6,236
227	-27,907	-35,912
231	40,479	-36,124
235	-50,893	-24,682
239	24,889	-9,71
243	-37,278	-34,543

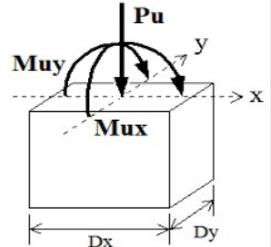
FUSTE		
Load case	Axial Force [kn]	Moment Z [kNm]
251	-50,893	24,682
255	24,889	9,71
259	-23,352	-29,226
263	54,405	-41,441
267	-36,967	-17,996
271	29,444	-15,026

Elija el tipo de sección



Geometría

Recub. (m) = 0.05
 Dx (m) = 0.60
 Dy (m) = 0.28



Esfuerzos mayorados

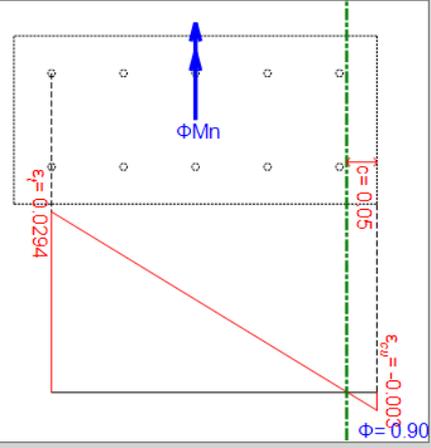
Est	Pu (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
223	-100.068		89.21
224	41.322		43.29
225	-125.597		68.154
226	-8.417		6.236
227	27.007		25.012

Armaduras

	Cantidad	Diam.
Esquina	4	12
Lado X	6	12
Lado Y	0	12

Estribos:

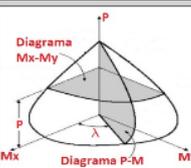
Ast (cm²) = 11.3
 ρ (%) = 0.67
 ΦPn (kN) = -99.84
 ΦMn (kNm) = 89.00
 ΦPn/Pu = ΦMn/Mu = 1.00

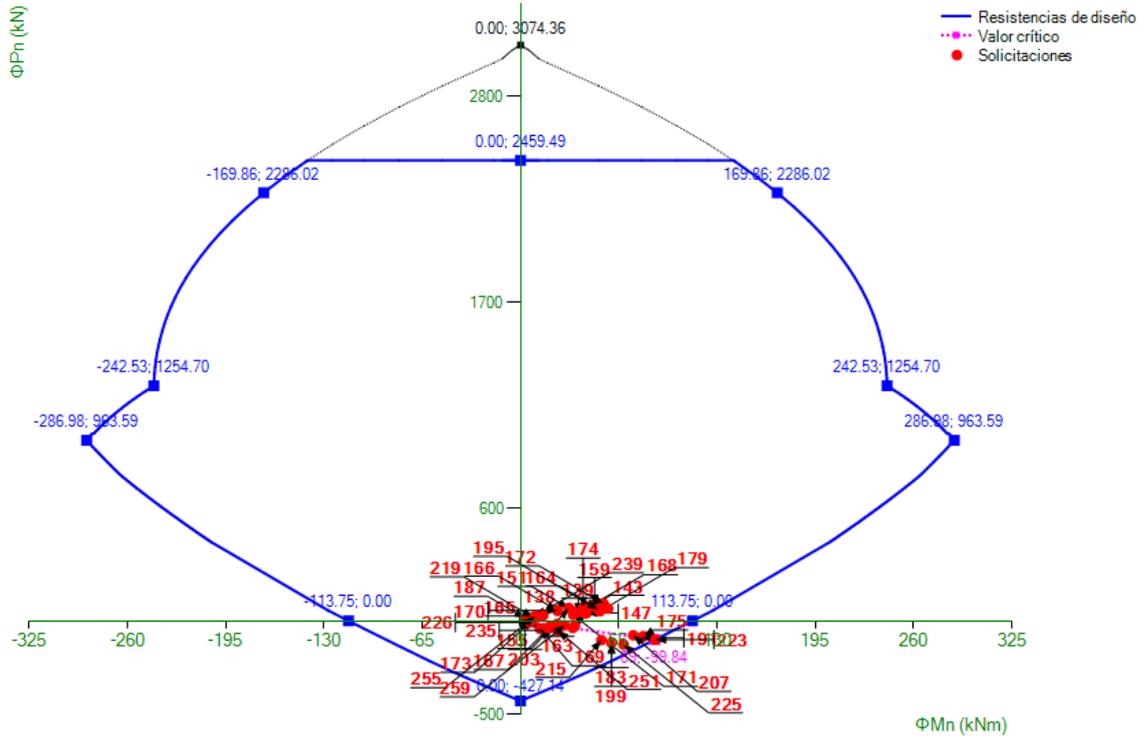


Recubrimiento mecánico = 0.062 m

Diagrama de interacción P-M

Diagrama de interacción Mx-My





FUSTE		
Load case	Corte [kn]	Axial Force [kn]
223	54,71	-98,1

Elija el tipo de sección

Usar análisis más detallado
 Dimensionar para el corte total
 Dejar zonas sin armar
 Losa, zapata o losa nervurada

Geometría

d's (m) =
 b (m) =
 h (m) =

Esfuerzos mayorados

Est.	Vu (kN)	Nu (kN)
1	54.71	-98.1

Ctrl+V: pega desde planilla de cálculo

Agregar Quitar último Borrar todo

Calcular

Resistencia al corte de la sección

Φ =
 Vn min (kN) =
 Vc (kN) =
 Vs necesaria (kN) =
 Vu > 0.5 Φ Vc
 Es necesaria armadura de corte mínima según Art. 11.5.6.1.

Armado de la sección con estribos

Area necesaria (cm²/m) =
 Diámetro barras (mm) :
 Cantidad de ramas :
 Separación estribos (cm) =
 Area adoptada (cm²/m) =
 Armadura mínima, Art. 11.5.6.3.
 Se aplicó separación máxima de estribos, Art. 11.5.5.1.

Valores finales

Vc (kN) =
 Vs (kN) =
 ΦVn (kN) =
 Vu (kN) =
 ΦVn >= Vu

Guardar Capturar

Finalmente, se adopta:

Fuste	
Ancho [cm]	28
Largo [cm]	60
Altura [cm]	50
Estribos	1 Φ 6c/19
As vertical	10 Φ 12

4. AYUDAS VISUALES A LA NAVEGACIÓN

4.1. Generalidades

La señalización aeronáutica está compuesta de marcas de pintura y dispositivos eléctricos instalados en la superficie de un aeródromo con el fin de transmitir información necesaria para operar aeronaves. Constituyen una guía para mantener la Seguridad Operacional, y su importancia se basa en que las operaciones aeronáuticas de mayor riesgo son el Decolaje y el Aterrizaje.

Se las puede subdividir en:

- Señales Horizontales
- Señales Luminosas

Siguiendo las pautas de la parte 154 de las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC):

- En una intersección de dos (o más) pistas, conservará sus señales la pista más importante, y se interrumpirán las señales de las otras pistas. Las señales de faja lateral de la pista más importante pueden continuarse en la intersección.
- En la intersección de una pista y una calle de rodaje se conservarán las señales de la pista y se interrumpirán las señales de la calle de rodaje.

Colores y perceptibilidad

- Las señales de pista serán de color blanco.
- Las señales de calle de rodaje, las señales de plataforma de viraje en la pista y las señales de los puestos de estacionamiento de aeronaves serán de color amarillo.
- Las líneas de seguridad en las plataformas, incluidas las líneas de límite de equipo, de restricción de pasarela y las demás que se empleen para delimitar el área de maniobras respecto de otras serán de color rojo.
- Las líneas de las calles vehiculares serán de color blanco.
- En los aeródromos donde se efectúen operaciones nocturnas, las señales de la superficie de los pavimentos deberán incorporar material reflectante diseñado para mejorar la visibilidad de las señales.
- En las pistas, calles de rodaje y plataformas cuya superficie sea de color claro, las señales se bordearán de color negro con el objetivo de aumentar la visibilidad.

Las características y especificaciones de las pinturas a emplear en el pintado de señales, deberán ajustarse a las especificaciones detalladas en la Circular Técnica C.090.002, sus actualizaciones o documentos que la reemplacen.

4.2. Señalización horizontal - Pistas

4.2.1. Señal designadora de pista

Los umbrales de una pista pavimentada tendrán señales designadoras de pista.

Una señal designadora de pista se emplazará en el umbral de pista de conformidad con las indicaciones de la Figura 14.4.1.

Si el umbral se desplaza del extremo de la pista, puede disponerse una señal que muestre la designación de la pista para los aviones que despegan, en el inicio del recorrido de despegue disponible.

Una señal designadora de pista consiste en un número de dos cifras, y en las pistas paralelas este número es acompañado por una letra. En el caso de pista única para la dirección analizada, que es el caso del presente informe, el número de dos cifras es el entero más próximo a la décima parte del azimut magnético del eje de la pista, medido en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte magnético, visto en la dirección de la aproximación.

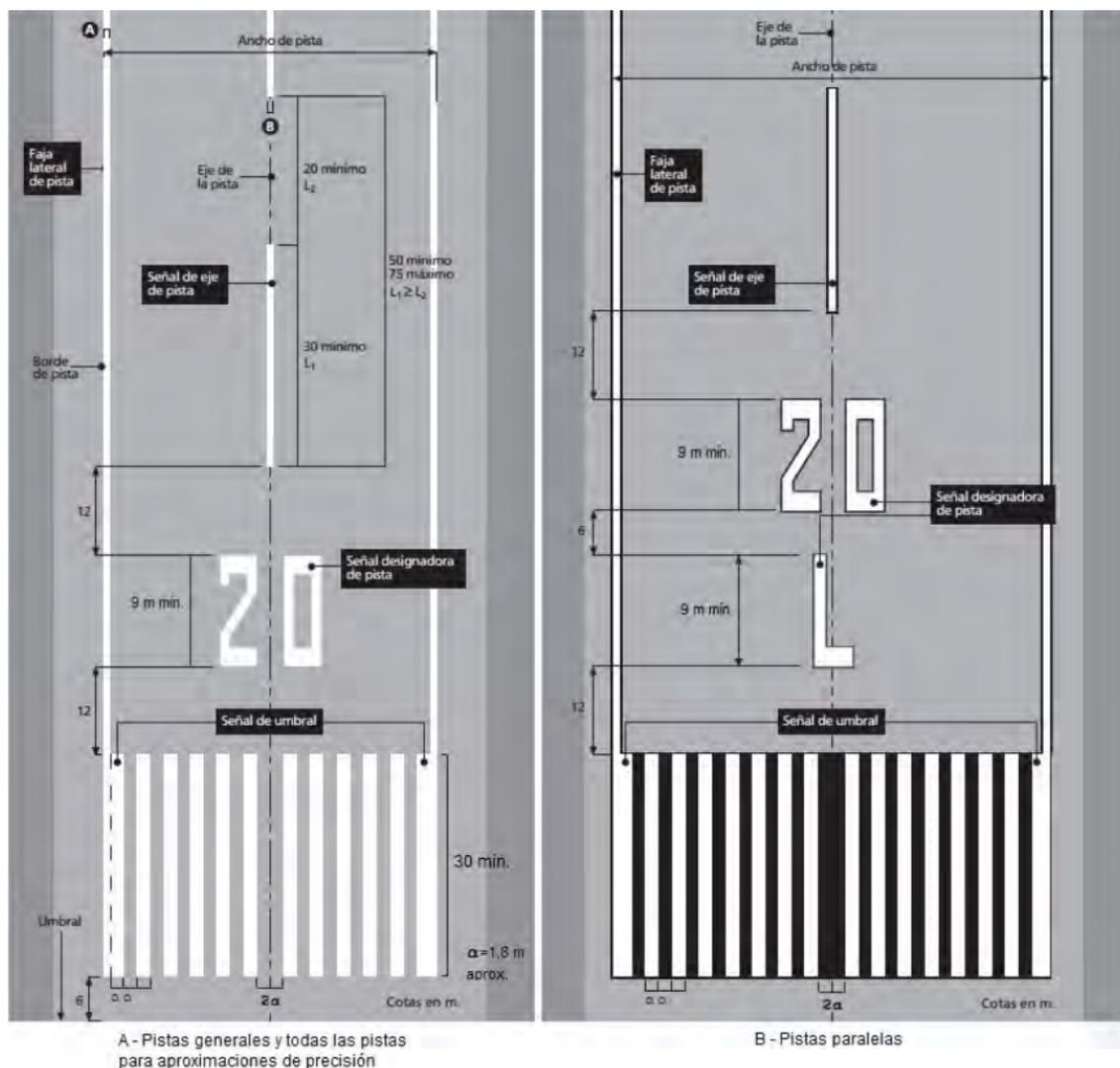


Figura 14.4.1 - Señal designadora de pista.

Los números y las letras tendrán la forma y proporciones indicadas en la Figura 14.4.2. Sus dimensiones no serán inferiores a las indicadas en dicha figura, pero cuando se incorporen números a las señales de umbral, las dimensiones serán mayores, con el fin de llenar satisfactoriamente los espacios entre las fajas de señales de umbral.

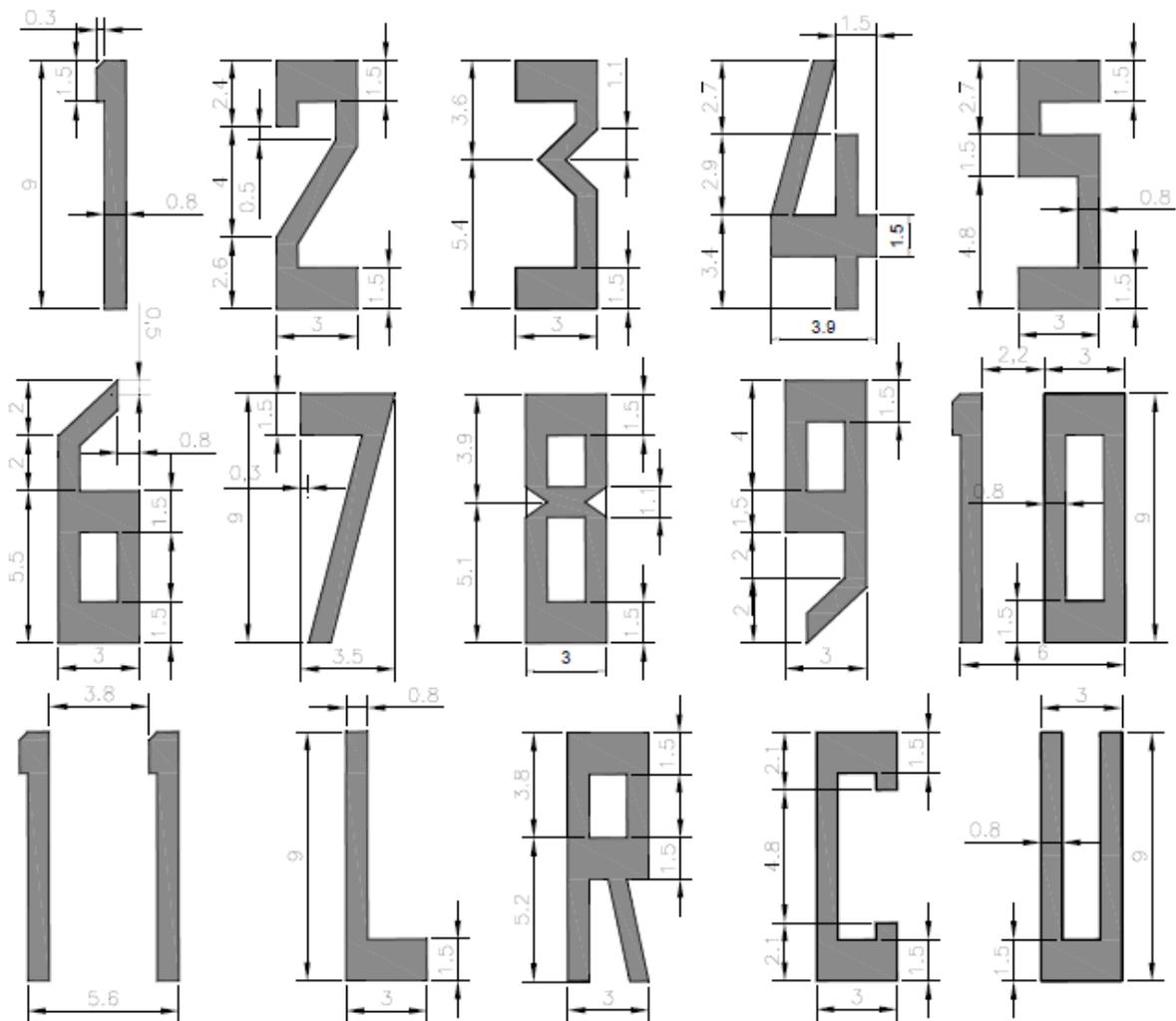


Figura 14.4.2 - Señal designadora de pista.

4.2.2. Señal de eje de pista

Se dispondrá una señal de eje de pista en una pista pavimentada.

Las señales de eje de pista se dispondrán a lo largo del eje de la pista entre las señales designadoras de pista, tal como se indica en la Figura 14.4.1.

Una señal de eje de pista consistirá en una línea de trazos uniformemente espaciados. La longitud de un trazo más la del intervalo no será menor de 50 m ni mayor de 75 m. La longitud de cada trazo será por lo menos igual a la longitud del intervalo, o de 30 m, tomándose la que sea mayor.

El ancho de los trazos no será menor de:

- 1) 0,90 m en las pistas para aproximación de precisión de Categorías II y III;
- 2) 0,45 m en pistas para aproximaciones que no sean de precisión cuyo número de clave sea 3 ó 4 y en pistas para aproximaciones de precisión de Categoría I; y
- 3) 0,30 m en pistas para aproximaciones que no sean de precisión cuyo número de clave sea 1 ó 2, y en pistas de vuelo visual.

Adopción

En nuestro caso se trata de una pista de aproximación por instrumentos que no es de precisión. Por ende se adoptan **0,30 metros**.

4.2.3. Señal de umbral

Se dispondrá una señal de umbral en las pistas pavimentadas.

Las fajas de señal de umbral empezarán a 6 m del umbral.

Una señal de umbral de pista consistirá en una configuración de fajas longitudinales de dimensiones uniformes, dispuestas simétricamente con respecto al eje de la pista.

El número de fajas estará de acuerdo con el ancho de la pista, del modo siguiente:

Ancho de la pista	Número de fajas
15 m	4
18 m	4
23 m	6
30 m	8
45 m	12
60 m	16

Tabla 14.4.1. Número de fajas de acuerdo con el ancho de pista.

Las fajas se extenderán lateralmente hasta un máximo de 3 m del borde de la pista, o hasta una distancia de 27 m a cada lado del eje de la pista, eligiéndose de estas dos posibilidades la que dé la menor distancia lateral. Cuando la señal designadora de pista esté situada dentro de la señal del umbral, habrá tres fajas como mínimo a cada lado del eje de la pista. Cuando la señal designadora de pista esté situada más allá de la señal de umbral, las fajas se extenderán lateralmente a través de la pista. Las fajas tendrán por lo menos 30 m de longitud y 1,80 m aproximadamente de ancho, con una separación entre ellas de 1,80 m aproximadamente; pero en el caso de que las fajas se extiendan lateralmente a través de una pista, se utilizará un espaciado doble para separar las dos fajas más próximas al eje de la pista, y cuando la señal designadora esté situada dentro de la señal de umbral, este espacio será de 22,5 m.

Cuando el umbral esté desplazado del extremo de la pista o cuando el extremo de la pista no forme ángulo recto con el eje de la misma, deberá añadirse una faja transversal a la señal de umbral, según se indica en la Figura 14.4.3 A.

Una faja transversal no tendrá menos de 1,80 m de ancho.

Cuando el umbral de pista esté desplazado permanentemente se pondrán flechas, de conformidad con la Figura 14.4.3 (B), en la parte de la pista delante del umbral desplazado.

Cuando el umbral de pista esté temporalmente desplazado de su posición normal, se señalará como se muestra en la Figura 14.4.3 (A) o (B), y se cubrirán todas las señales situadas antes del umbral desplazado con excepción de las de eje de pista, que se convertirán en flechas. Las señales designadoras de pista se deberán trasladar posterior al umbral desplazado, a 12 m de la faja transversal.

Nota 1.— A los efectos de la señalización de umbral de pista, se considera desplazamiento temporal de umbral, aquel que se realice por un intervalo de tiempo no mayor a seis (6) meses. Cuando se necesite desplazar el umbral por un plazo mayor a seis (6) meses, éste se señalará como umbral desplazado permanentemente.

Nota 2.— En el caso en que un umbral esté temporalmente desplazado, ha dado resultados satisfactorios utilizar balizas con la forma y color de una señal de umbral desplazado en lugar de pintar esta señal en la pista.

La faja transversal de extremo de pista se ajustará a la Figura 14.4.3.

Adopción

Dado que la pista tiene 23 metros de ancho se adoptan **6 fajas**. Se respetan los 6 metros al borde del umbral y los 3 metros al borde de la pista. Se separan las fajas como se establece en la Figura 14.4.1. El umbral no se encuentra desplazado.

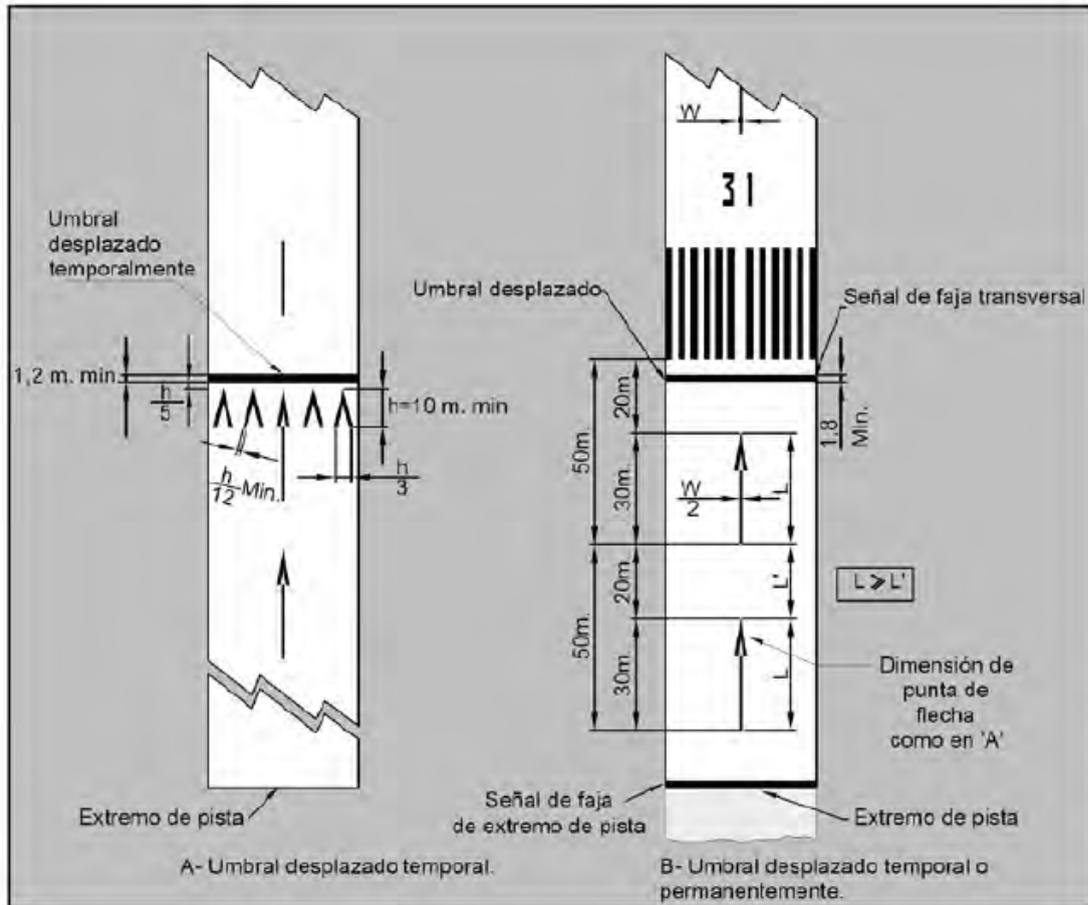


Figura 14.4.3. Señales de umbral desplazado.

4.2.4. Punto de visada

Se proporcionará una señal de punto de visada en cada extremo de aproximación de las pistas pavimentadas de vuelo por instrumentos cuyo número de clave sea 2, 3 ó 4, y en las pistas de vuelo visual en las que se instalen sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación.

Debería proporcionarse una señal de punto de visada en cada extremo de aproximación:

- 1) de las pistas pavimentadas de vuelo visual cuyo número de clave sea 3 ó 4;
- 2) de las pistas pavimentadas de vuelo por instrumentos cuyo número de clave sea 1;
- 3) cuando sea necesario aumentar la perceptibilidad del punto de visada.

La señal de punto de visada comenzará en un lugar cuya distancia con respecto al umbral será la indicada en la columna apropiada de la Tabla 14.4.2, excepto que, en una pista con sistema visual indicador de pendiente de aproximación, el comienzo de la señal coincidirá con el origen de la pendiente de aproximación visual.

La señal de punto de visada consistirá en dos fajas bien visibles. Las dimensiones de las fajas y el espaciado lateral entre sus lados internos se ajustarán a las disposiciones estipuladas en la columna apropiada de la

Tabla 14.4.2. Cuando se proporcione una zona de toma de contacto, el espaciado lateral entre las señales será el mismo que el de la señal de la zona de toma de contacto.

Emplazamiento y dimensiones (1)	Distancia disponible para aterrizaje			
	Menos de 800 m (2)	800 m hasta 1.200 m (exclusive) (3)	1.200 m hasta 2.400 m (exclusive) (4)	2.400 m y más (5)
Distancia entre el umbral y el comienzo de la señal	150 m	250 m	300 m	400 m
Longitud de la faja ^a	30-45 m	30-45 m	45-60 m	45-60 m
Ancho de la faja	4 m	6 m	6-10 m ^b	6-10 m ^b
Espacio lateral entre los lados internos de las fajas	6 m ^c	9 m ^c	18-22,5 m	18-22,5 m

Tabla 14.4.2. Emplazamiento y dimensiones de señales según distancia disponible para aterrizar.

Adopción

Para la pista 09-27 se toman los valores de dimensiones y emplazamientos de la Tabla 14.4.2 para una distancia disponible entre 800 m y 1200 m, dada su longitud de 1250 m. Lo mismo para la pista 01-19 de 850 m.

4.2.5. Señal de toma de contacto

Se dispondrá una señal de zona de toma de contacto en la zona de toma de contacto de una pista pavimentada para aproximaciones por instrumentos cuyo número de clave sea 2, 3 ó 4.

Deberá proporcionarse una señal de zona de toma de contacto en la zona de toma de contacto de las pistas pavimentadas para aproximaciones que no sean de precisión ni de vuelo por instrumentos, cuando el número de clave de la pista sea 3 ó 4 y sea conveniente aumentar la perceptibilidad de la zona de toma de contacto.

Una señal de zona de toma de contacto consistirá en pares de señales rectangulares, dispuestas simétricamente con respecto al eje de la pista. El número de pares de señales será el que se indica a continuación, teniendo en cuenta la distancia de aterrizaje disponible, y la distancia entre umbrales cuando la señal deba colocarse en ambos sentidos de aproximación de una pista, a saber:

Distancia de aterrizaje disponible o distancia entre umbrales	Pares de señales
menos de 900 m	1
de 900 a 1.200 m exclusive	2
de 1.200 a 1.500 m exclusive	3
de 1.500 a 2.400 m exclusive	4
2.400 m o más	6

Tabla 14.4.3. Número de pares de señales en función de la distancia de aterrizaje disponible o entre umbrales.

Una señal de zona de toma de contacto se ajustará a cualquiera de las dos configuraciones indicadas en la Figura 14.4.4. Para la configuración que se muestra en la Figura 14.4.4 A, las señales tendrán por lo menos 22,5 m de largo por 3 m de ancho. En cuanto a la configuración de la Figura 14.4.4 (B), cada faja de señal no medirá menos de 22,5 m de largo por 1,8 m de ancho, con un espaciado de 1,5 m entre fajas adyacentes.

El espaciado lateral entre los lados internos de los rectángulos será igual al de la señal de punto de visada cuando exista. Cuando no haya una señal de punto de visada, el espaciado lateral entre los lados internos de los rectángulos corresponderá al espaciado lateral especificado en relación con la señal de punto de visada en la Tabla 14.4.2 (columnas 2, 3, 4 ó 5, según sea apropiado). Los pares de señales se dispondrán con espaciados longitudinales de 150 m a partir del umbral, salvo que los pares de señales de zona de toma de contacto que coincidan con una señal de punto de visada o estén situados a 50 m o menos de ésta, se eliminarán de la configuración.

Cuando se utilice la configuración de la Figura 14.4.4 (B), el número y tipo de pares de señales se será como se indica a continuación.

Distancia de aterrizaje disponible o distancia entre umbrales	Pares de señales	Configuración de las señales a cada lado del eje de pista		
		Número de pares de 3 fajas	Número de pares de 2 fajas	Número de pares de 1 faja
menos de 900 m	1	-	-	1
de 900 a 1.200 m exclusive	2	-	1+1 ^a	-
de 1.200 a 1.500 m exclusive	3	-	1+1 ^a	1
de 1.500 a 2.400 m exclusive	4	1	1+1 ^a	1
2.400 m o más	6	2	1+1 ^a	2

Tabla 14.4.4. Número y tipo de pares de señales para Figura 14.4.4 B.

En las pistas de aproximación que no es de precisión en que el número de clave es 2, debería proporcionarse un par adicional de fajas de señales de zona de toma de contacto, a una distancia de 150 m del comienzo de la señal de punto de visada.

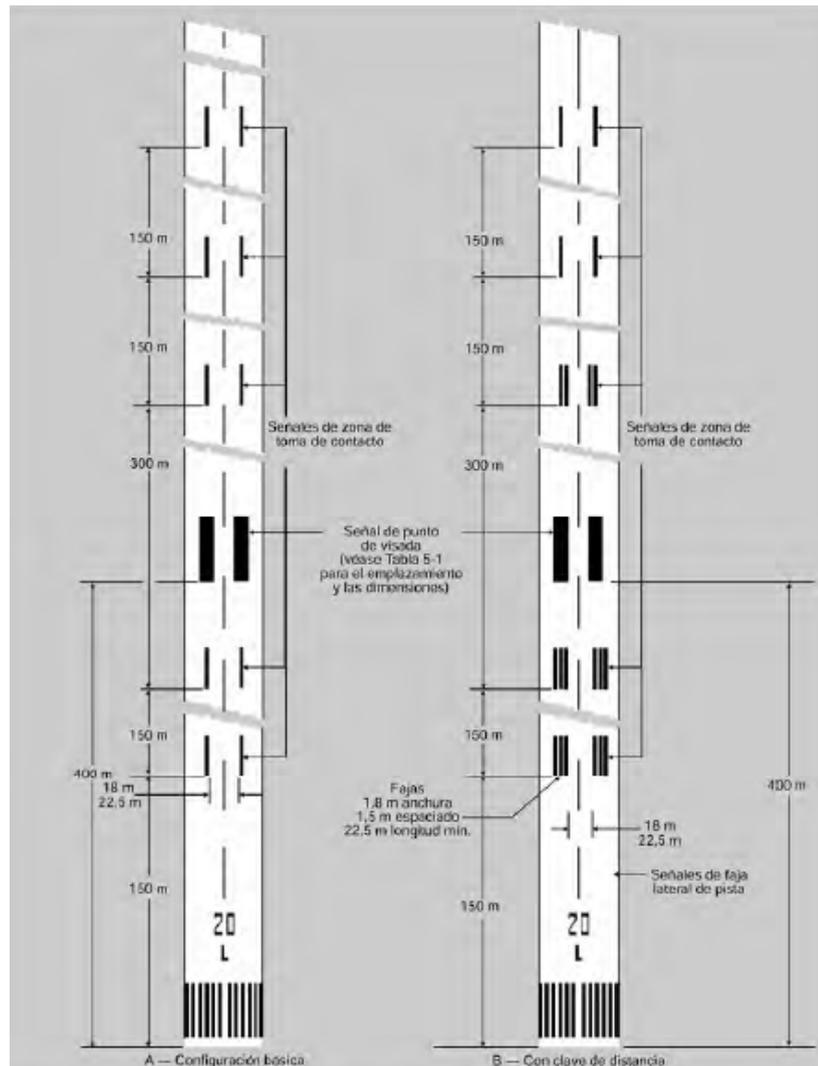


Figura 14.4.4. Señal de punto de visada y zona de toma de contacto (para una pista de 2 400 m de longitud o más).

Adopción

Para la pista 09-27 se adoptan 3 pares de señales de toma de contacto, dada su longitud de 1250 m. y una para la pista 01-19 de 850 m. En cuanto a dimensiones y emplazamiento se adopta lo que corresponde según la norma desarrollado anteriormente.

4.2.6. Señal de faja lateral de pista

Se dispondrá una señal de faja lateral de pista entre los umbrales de una pista pavimentada cuando no haya contraste entre los bordes de la pista y los márgenes o el terreno circundante.

En todas las pistas para aproximaciones de precisión deberá disponerse una señal de faja lateral de pista, independientemente del contraste entre los bordes de la pista y los márgenes o el terreno circundante.

Una señal de faja lateral de pista deberá consistir en dos fajas, dispuestas una a cada lado a lo largo del borde de la pista, de manera que el borde exterior de cada faja coincida con el borde de la pista, excepto

cuando la pista tenga más de 60 m de ancho, en cuyo caso las fajas deberán estar dispuestas a 30 m del eje de la pista.

Cuando hay una plataforma de viraje en la pista, las señales de faja lateral de pista, deberán continuarse entre la pista y la plataforma de viraje en la pista.

La señal de faja lateral de pista no se interrumpirá en los cruces de calles de rodaje o la plataforma de viraje en la pista, y se extenderá hasta el umbral de la pista.

Una señal de faja lateral de pista deberá tener un ancho total de:

- 1) 0,90 m como mínimo en las pistas con ancho de más de 30 m;
- 2) 0,45 m en las pistas con un ancho de 30 m hasta 23 m inclusive; y
- 3) 0,30 m en las pistas más estrechas.

Adopción

Se adoptan señales de faja lateral de pista de un ancho de 0,45 m.

4.3. Señalización horizontal - Calles de rodaje

4.3.1. Señal de eje de calle de rodaje

Se dispondrán señales de eje en calles de rodaje pavimentadas, instalaciones de deshielo/antihielo y plataformas pavimentadas, de manera que suministren guía continua entre el eje de la pista y los puestos de estacionamiento de aeronaves.

Se dispondrá una señal de eje de calle de rodaje en una pista pavimentada que forme parte de una ruta normalizada para el rodaje, y:

- 1) no haya señales de eje de pista; o
- 2) la línea de eje de calle de rodaje no coincida con el eje de la pista.

En un tramo recto de calle de rodaje la señal de eje de calle de rodaje deberá estar situada sobre el eje. En una curva de calle de rodaje, la señal de eje debería conservar la misma distancia desde la parte rectilínea de la calle de rodaje hasta el borde exterior de la curva.



Figura 14.4.5. Detalle de la señal de eje de calle de rodaje en curva.

En una intersección de una pista con una calle de rodaje que sirva como salida de la pista, la señal de eje de calle de rodaje deberá formar una curva para unirse con la señal de eje de pista, según se indica en la Figura 14.4.7. La señal de eje de calle de rodaje deberá prolongarse paralelamente a la señal del eje de pista, en una distancia de 60 m por lo menos, más allá del punto de tangencia cuando el número de clave sea 3 ó 4, y una distancia de 30 m por lo menos cuando el número de clave sea 1 ó 2.

La señal de eje de calle de rodaje tendrá 15 cm de ancho por lo menos y será de trazo continuo (Véase detalle a continuación en Figura 14.4.6), excepto donde corte a una señal de punto de espera de la pista o una señal de punto de espera intermedio, según se muestra en la Figura 14.4.7.

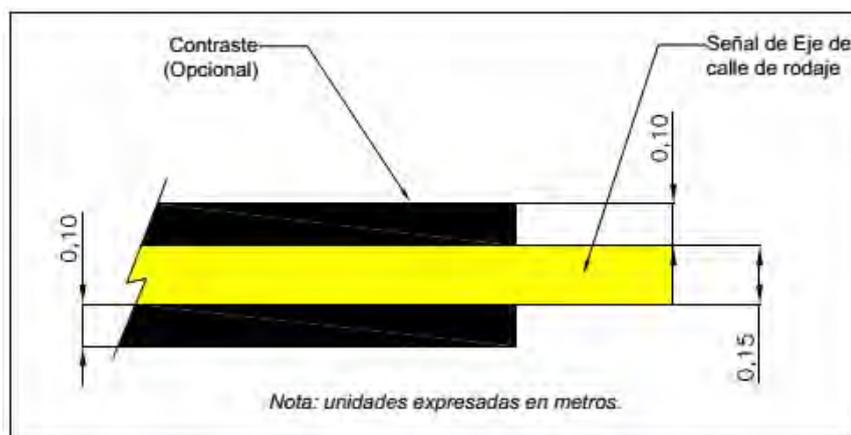


Figura 14.4.6. Detalle de la señal de eje de calle de rodaje.

4.3.2. Señal de punto de espera de la pista

Se dispondrá una señal de punto de espera de la pista en toda la intersección de una calle de rodaje con una pista.

En la intersección de una calle de rodaje con una pista de vuelo visual, de aproximación que no sea de precisión, o de despegue, la señal de punto de espera de la pista será de la forma indicada en la Figura 14.4.7, configuración A.

Cuando se proporcione un solo punto de espera de la pista en la intersección de una calle de rodaje con una pista de aproximación de precisión de Categorías I, II o III, la señal de punto de espera de la pista será de la forma indicada en la Figura 14.4.7, configuración A. Cuando en dicha intersección se proporcionen dos o tres puntos de espera de la pista, la señal de punto de espera de la pista más cercana a la pista será de la forma indicada en la Figura 14.4.7, configuración A y la señal más alejada de la pista será de la forma indicada en la Figura 14.4.7, configuración B

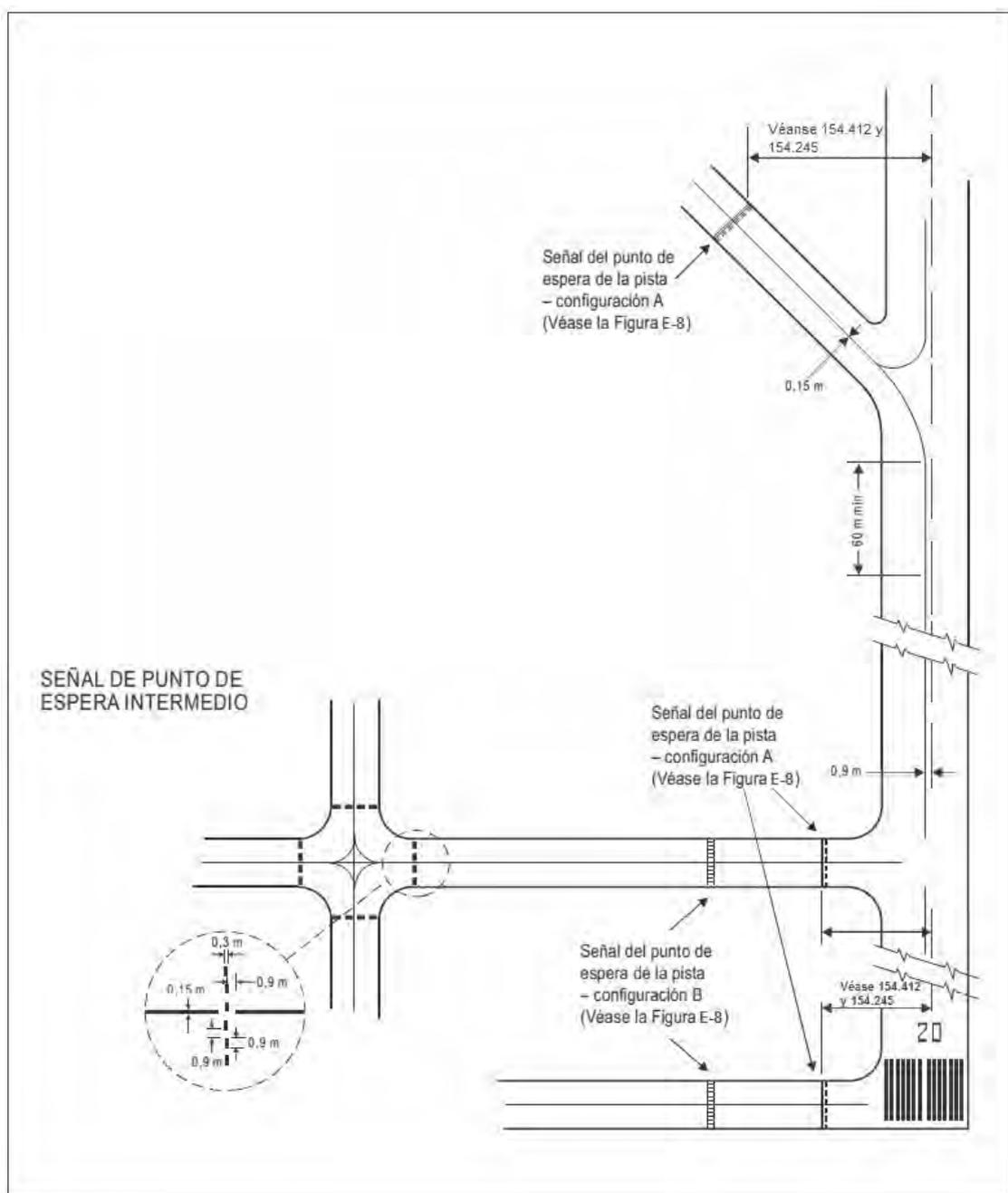


Figura 14.4.7. Señales de calle de rodaje (indicadas junto con las señales básicas de pista).

4.4. Iluminación

La ANAC (Asociación Nacional de Aviación Civil) establece en las RAAC (Regulaciones Argentinas de Aviación Civil) parte 154 que se instalarán luces de borde de pista en una pista destinada a uso nocturno, o en una pista para aproximaciones de precisión destinada a uso diurno o nocturno. Para la pista en cuestión se añaden luminarias de borde de pista para extender su uso a horas nocturnas.

4.4.1 Luminarias de borde pista

Se deben instalar luces de borde de pista en toda pista destinada a uso nocturno, o en pistas para aproximaciones de precisión destinadas a uso diurno o nocturno.

Permiten al piloto efectuar las maniobras de aproximación con visión directa de la pista y apreciación visual de la altura y la distancia. Ya aterrizado, sirve para delimitar la zona de maniobras.

Las luces suelen tener 3 a 5 intensidades, y la torre de control la ajusta a pedido del piloto para evitar encandilamientos. Se regula mediante transformadores. Se las denomina luces de contacto.

- Baja intensidad: 30 %
- Media intensidad: 70 %
- Alta intensidad: 100 %

Las salidas de pista se marcan con barras transversales de luces

Las luces de borde de pista se emplazarán a todo lo largo de ésta, en dos filas paralelas y equidistantes del eje de la pista.

Las luces de borde de pista se emplazarán a lo largo de los bordes del área destinada a servir de pista, o al exterior de dicha área a una distancia que no exceda de 3 m.

Las luces estarán espaciadas uniformemente en filas, a intervalos no mayores de 50 m en pistas, ya que es lo que establece la ANAC para pistas cuyo número de Clave sea 1 y 2

En las pistas para aproximaciones de precisión, las luces de borde de pista se ajustarán a las especificaciones del Apéndice 2, Figura A2-9 ó A2-10.

4.4.2 Luminarias de umbral

Según las RAAC se deben instalar luces de umbral de pista en una pista equipada con luces de borde de pista, excepto en el caso de una pista de vuelo visual o una pista para aproximaciones que no son de precisión, cuando el umbral esté desplazado y se disponga de luces de barra de ala.

Cuando un umbral esté en el extremo de una pista, las luces de umbral estarán emplazadas en una fila perpendicular al eje de la pista, tan cerca del extremo de la pista como sea posible y en ningún caso a más de 3 m al exterior del mismo.

Las luces de umbral comprenderán en una pista para aproximaciones que no son de precisión, seis luces por lo menos. Estas deberán estar:

- igualmente espaciadas entre las filas de luces de borde de pista.
- dispuestas simétricamente respecto al eje de la pista, en dos grupos, con las luces uniformemente espaciadas en cada grupo con un espacio vacío entre los grupos igual a la vía de las luces o señales de zona de toma de contacto, cuando la pista disponga de las mismas o, en todo caso, no mayor que la mitad de la distancia entre las filas de luces de borde de pista; o
- dispuestas simétricamente a partir de las filas de luces de borde de pista hacia afuera en forma de barra de ala.
- la luz situada en la parte más exterior de cada grupo de luces estará en la fila de luces del borde de pista.

4.4.3 Luminarias de eje de pista

Tienen la finalidad de indicar el centro de la pista, conocido como sistema Vía Angosta. Se deben instalar luces de eje de pista en todas las pistas para aproximaciones de precisión de Categoría II o III. No es el caso de nuestra pista, por ende no se colocan.

4.4.3 Luminarias en calles de rodaje

El las RAAC se establece que se deben instalar luces de borde de calle de rodaje en los bordes de una calle de rodaje, plataforma de viraje en la pista, apartaderos de espera, instalaciones de deshielo / antihielo, plataformas, etc., que hayan de usarse de noche, o asociadas a una pista para aproximaciones de precisión destinada a uso diurno o nocturno.

Para contemplar la realización de vuelos nocturnos en el aeródromo se colocan dichas luminarias.

La separación entre las mismas deberá ser uniforme y que no exceda los 60 m. En las curvas, deberán estar espaciadas a intervalos inferiores a 60 m a fin de que proporcionen una clara indicación de la curva.

5. MOVIMIENTO DE SUELOS Y CÓMPUTO

PLANILLA MOVIMIENTO DE SUELOS

DATOS

Coeficiente de compactación	0.85	
Limpieza del terreno	0.1	m
Compactación base de asiento terraplén	0.05	m
Distancia común de transporte	1	Hm

PISTA 09-27

Progresivas (m)	Distancias entre perfiles (m)	Áreas (m2)										Volúmenes (m3)			
		Desmante					Terraplén					Desmante reducido medio(+)	Terraplén medio(-)	Vd [m3]	Vt [m3]
		Desmante	Limpieza	Paquete estructural	Total desmante	Total Desmante reducido [m2]	Terraplén	Limpieza	Compactación base de asiento	Paquete estructural	Total Terraplén Neto [m2]				
0		11.891	3.05564	1.8515	10.687	0.09	6.7288	4.66508	2.52344	4.5924	0.09	0.08	0.09	16.87	18.62
199.16	199.16	6.766	2.39906	4.8776	9.245	0.08	2.9322	5.12832	2.87888	1.5662	0.09	0.10	0.05	9.77	4.69
299.16	100.00	14.798	7.50186	6.4439	13.740	0.12					0.00	0.12	0.00	4.20	0.00
333.00	33.84	16.467	7.43892	6.4438	15.472	0.13					0.00	0.11	0.03	17.80	5.65
499.16	166.16	8.091	4.1472	5.7877	9.731	0.08	1.5743	3.29896	2.58098	0.6561	0.07	0.06	0.12	11.55	23.65
704.16	205.00	3.122	1.36266	1.7718	3.531	0.03	10.4388	6.81172	3.70006	4.672	0.16	0.04	0.15	3.89	15.38
804.16	100.00	7.597	2.51052	0.547	5.633	0.05	11.2005	5.73526	3.1839	5.6469	0.14	0.03	0.19	3.11	22.63
925.72	121.56	0.690	0.30748	0	0.383	0.00	18.6176	7.02506	3.55754	6.4438	0.23	0.01	0.18	1.11	36.33
1125.72	200.00	1.521	1.24488	0.6408	0.917	0.01	10.0905	5.91404	3.36778	5.803	0.14	0.01	0.16	0.55	16.32
1225.72	100.00	1.276	0.93552	0.0407	0.381	0.00	15.9812	6.16388	3.32082	6.4031	0.19				

PISTA 01-19

Progresivas (m)	Distancias entre perfiles (m)	Áreas (m2)										Volúmenes (m3)			
		Desmante					Terraplén					Desmante reducido medio(+)	Terraplén medio(-)	Vd [m3]	Vt [m3]
		Desmante	Limpieza	Paquete estructural	Total desmante	Total Desmante reducido [m2]	Terraplén	Limpieza	Compactación base de asiento	Paquete estructural	Total Terraplén Neto [m2]				
0		32.9654	8.81482	3.444	27.594	0.23	0	0	0.3812	0	0.00	0.22	0.01	22.40	0.63
100	100	30.3183	8.64632	3.444	25.116	0.21	0	0	0.87394	0	0.01	0.13	0.07	25.00	14.22
300	200	5.4553	1.7146	0.560	4.301	0.04	9.4216	6.33942	3.46932	5.8839	0.13	0.03	0.15	2.64	14.93
398.42	98.42	3.49	1.71466	0.230	2.005	0.02	14.3927	5.7454	3.06668	6.2138	0.17	0.01	0.25	2.43	50.93
600	201.58	1.4099	0.57884	0.000	0.831	0.01	29.1727	7.17706	3.63354	6.4438	0.34	0.01	0.33	2.83	62.24
791.3	191.3	3.7134	1.06308	0.000	2.650	0.02	27.2182	7.14046	3.61522	6.4438	0.32	0.02	0.32	1.41	25.51
870	78.7	2.3423	0.76904	0.000	1.573	0.01	29.0893	7.07918	3.58292	6.4438	0.33	0.02	0.36	1.59	35.52
969.02	99.02	3.0977	0.89262	0.000	2.205	0.02	34.0615	7.18382	3.6352	6.4438	0.38				

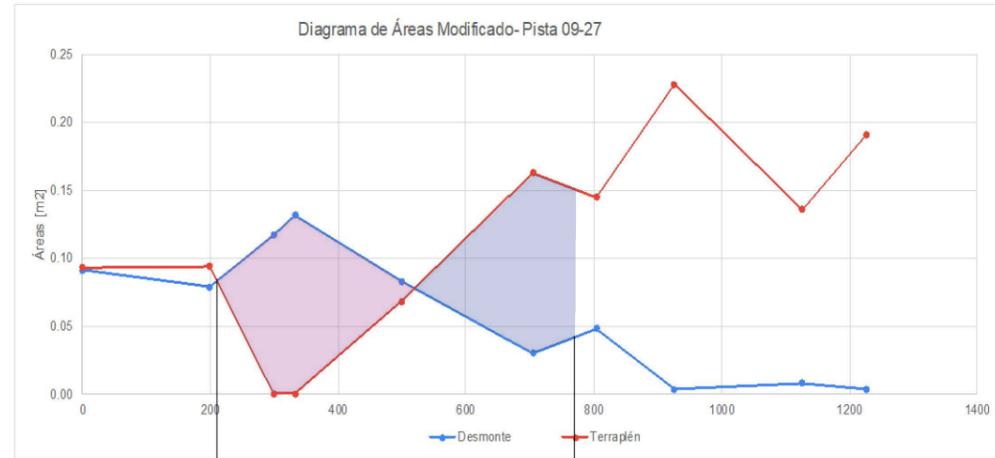
CALLE DE RODAJE (que va a 01-19)

Progresivas (m)	Distancias entre perfiles (m)	Áreas (m2)										Volúmenes (m3)			
		Desmonte					Terraplén					Desmorte reducido medio(+)	Terraplén medio(-)	Vd [m3]	Vt [m3]
		Desmorte	Limpieza	Paquete estructural	Total desmorte	Total Desmorte reducido [m2]	Terraplén	Limpieza	Compactación base de asiento	Paquete estructural	Total Terraplén Neto [m2]				
0		0.5812	0.31678	1.1829	1.44732	0.01	5.4903	3.50068	1.40412	4.4366	0.06	0.01	0.11	1.48	16.42
150	150	1.3128	0.44204	0	0.87076	0.01	15.3979	4.07434	2.08308	5.6195	0.16	0.02	0.14	5.72	42.17
450	300	4.4801	0.86496	0	3.61514	0.03	11.932	3.87762	1.98524	5.6195	0.12	0.02	0.15	4.60	29.22
650	200	2.4033	0.60596	0	1.79734	0.02	16.6824	3.95736	2.02464	5.6195	0.17	0.01	0.09	-4.97	-55.40

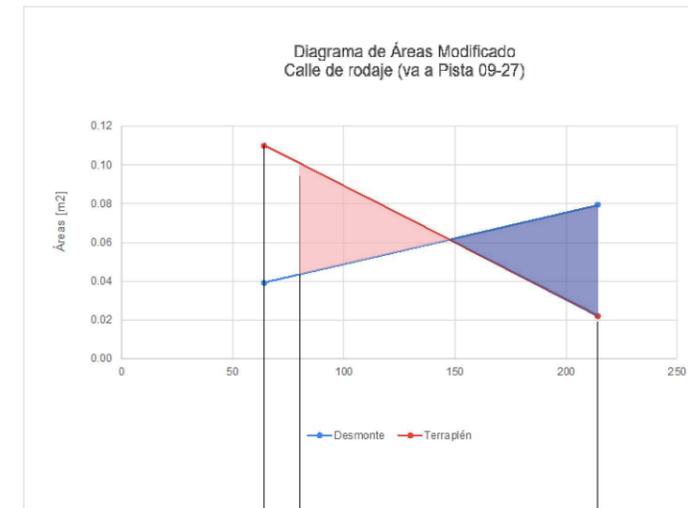
CALLE DE RODAJE (que va a 09-27)

Progresivas (m)	Distancias entre perfiles (m)	Áreas (m2)										Volúmenes (m3)			
		Desmorte					Terraplén					Desmorte reducido medio(+)	Terraplén medio(-)	Vd [m3]	Vt [m3]
		Desmorte	Limpieza	Paquete estructural	Total desmorte	Total Desmorte reducido [m2]	Terraplén	Limpieza	Compactación base de asiento	Paquete estructural	Total Terraplén Neto [m2]				
0															
64.25	64.25	0.9861	0.45784	4.0716	4.59986	0.04	8.0393	3.85136	2.01756	2.9233	0.11	0.06	0.07	8.87	9.90
214.25	150	4.8731	2.40242	6.847	9.31768	0.08	0	1.03254	1.32452	0.148	0.02	0.04	0.01	-8.48	-2.37

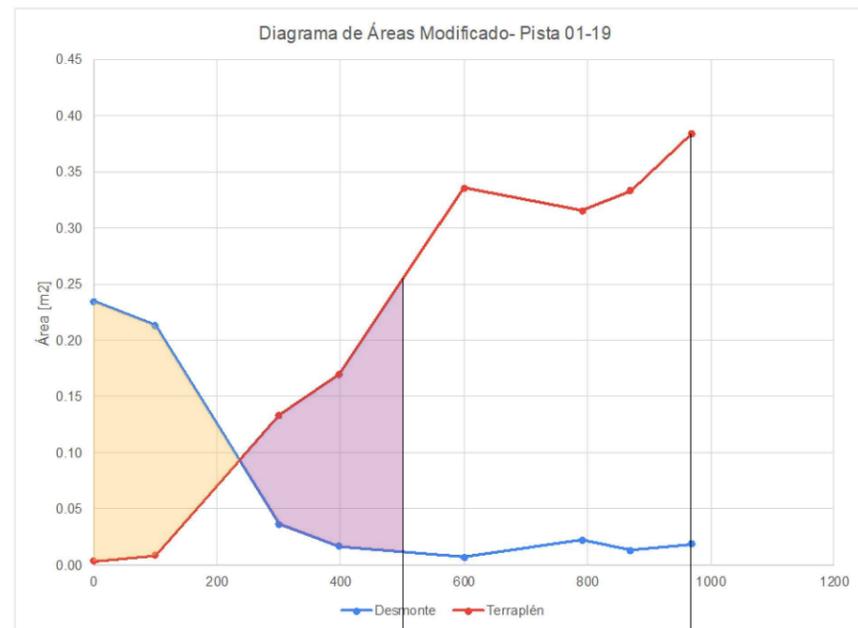
DIAGRAMAS DE ÁREA- ALTERNATIVA 2



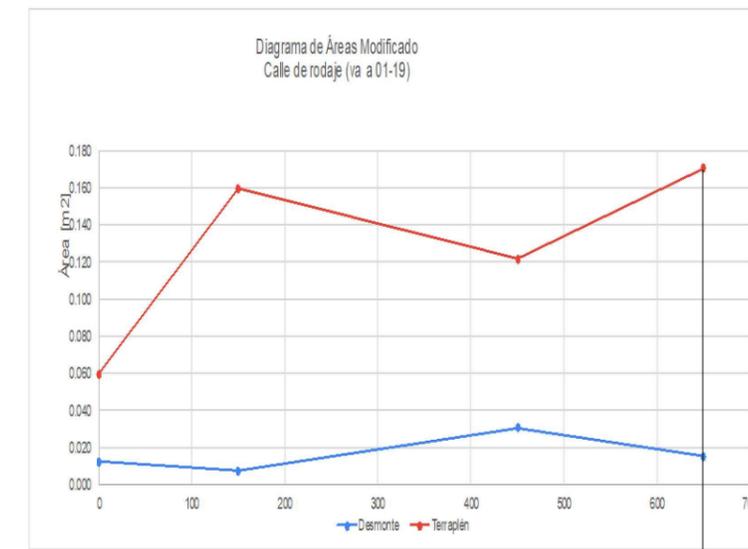
	210.64	783.66	1225.25	Progresivas [m]
	21.67			Excavación a transportar [m³]
	385.45			DTT [m]
1.84		72.57		Préstamos [m³]
				Depósitos [m³]



	64.25	80.25	214.25	Progresivas [m]
		1.91		Excavación a transportar [m³]
		89.33		DTT [m]
	1.02			Préstamos [m³]
				Depósitos [m³]



		501.02	969.02	Progresivas [m]
	35.67			Excavación a transportar [m³]
	334.01			DTT [m]
		145.67		Préstamos [m³]
				Depósitos [m³]



			650	Progresivas [m]
				Excavación a transportar [m³]
				DTT [m]
		76.01		Préstamos [m³]
				Depósitos [m³]

NOTA: Se presentan distintas escalas de representación para mejor visualización. El cálculo fue realizado de manera analítica.

TRANSPORTE DE SUELOS**PISTA 09-27**

PR. [m]	CÁMARA	Volumen [m3]	DISTANCIA DE TRANSPORTE [m]	DISTANCIA DE TRANSPORTE CÁMARA [Hm]	DCT [Hm]	TRANSPORTE DE SUELOS [Hm.m3]
210.64	1	21.67	385.45	3.8545	1	72.77
783.66						

PISTA 01-19

PR. [m]	CÁMARA	Volumen [m3]	DISTANCIA DE TRANSPORTE [m]	DISTANCIA DE TRANSPORTE CÁMARA [Hm]	DCT [Hm]	TRANSPORTE DE SUELOS [Hm.m3]
0	1	35.67	23.78	0.2378	1	0
501.02						

CALE DE RODAJE (que va a 01-19)

PR. [m]	CÁMARA	Volumen [m3]	DISTANCIA DE TRANSPORTE [m]	DISTANCIA DE TRANSPORTE CÁMARA [Hm]	DCT [Hm]	TRANSPORTE DE SUELOS [Hm.m3]
80.25	1	1.91	89.33	0.8933	1	0
214.25						

CÓMPUTO GENERAL DE ÁREAS	
ELEMENTO	m2
Pavimento flexible Pistas y Calles de Rodaje	79589
Pavimento Rígido Plataforma	1853
Mejoramiento con estabilizante hidráulico Caminos Internos	45689
Pavimento flexible Mejoramiento Acceso	389
Espacios Administración, SUM y Aulario	448
Hangar adicional	504
Total intervención	128473

6. FOTOGRAFÍAS

AERONAVES DEL AEROCLUB



Cessna 150.



Aero Boero 150.



Aero Boero 150.



Actuales aeronaves del aeroclub: Cessna 150, Aero Boero 150 y Blanik L13.



Cessna 150, Blanik L13.



Blanik L13.

ESTRUCTURA DEL HANGAR





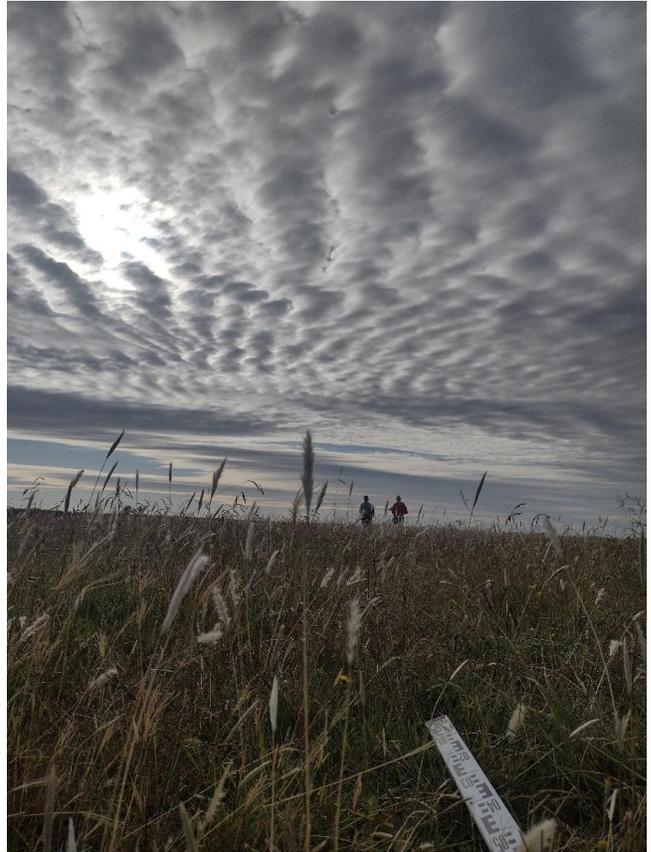
BARRACAS



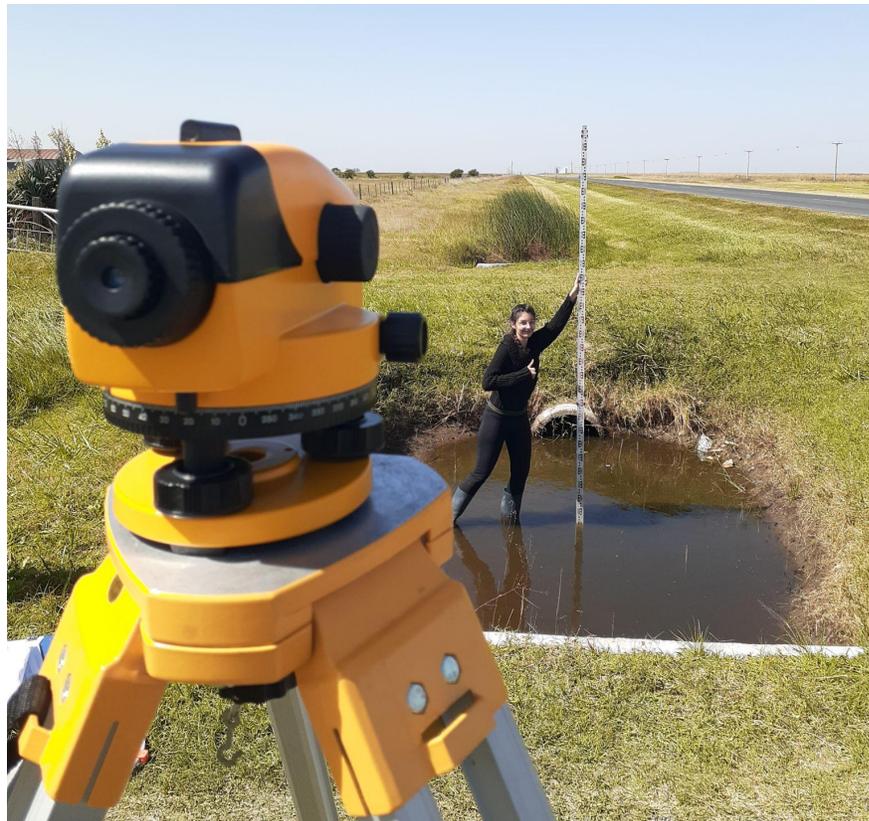
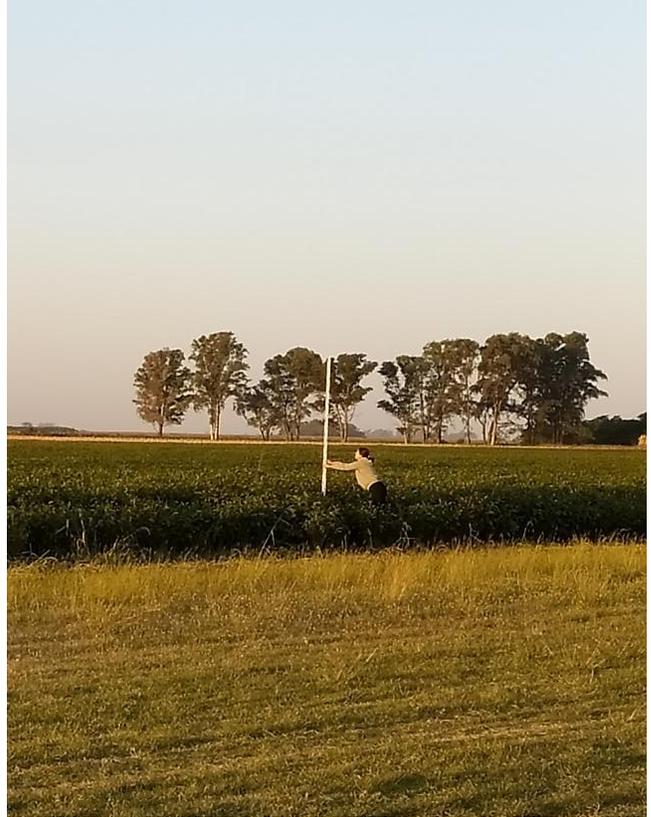


JORNADA DE NIVELACIÓN









ANEGAMIENTOS







GENERALES DEL AERÓDROMO

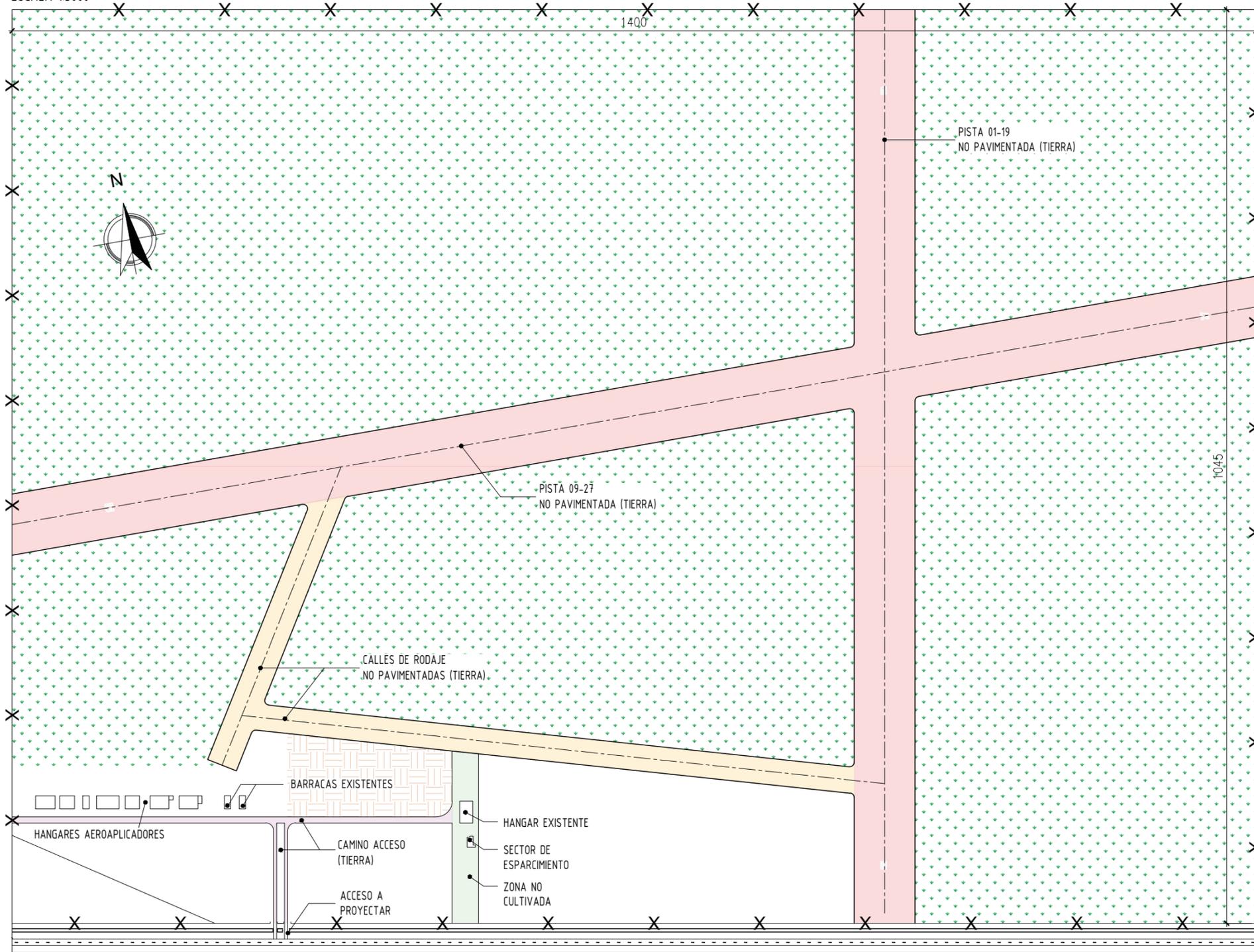






7. PLANOS

PLANTA ACTUAL AERÓDROMO
ESCALA 1:5000



UBICACIÓN DE RUFINO RESPECTO DE LA CIUDAD DE ROSARIO



UBICACIÓN DE RUFINO EN LA PROVINCIA DE SANTA FE



UBICACIÓN DEL PREDIO DENTRO DE LA CIUDAD DE RUFINO



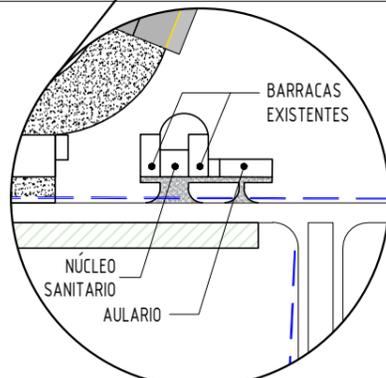
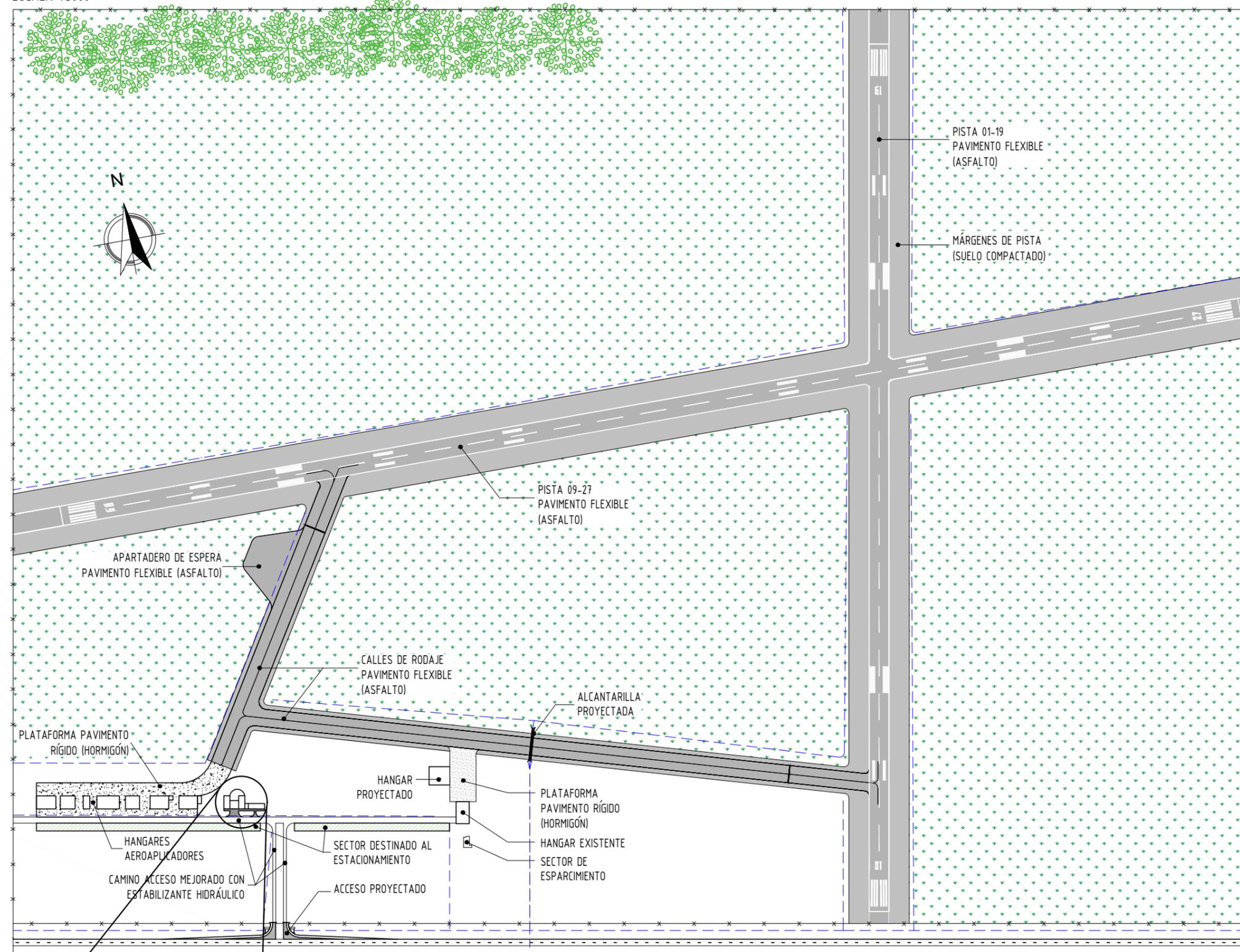
REFERENCIAS

- SECTORES DEDICADOS A LA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA
- SECTOR INUNDADO EL DÍA DE LA NIVELACIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO	FECHA 16/08/2022
01	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	ESCALA 1:5000
		REVISION 1

PLANTA PROYECTADA AERÓDROMO

ESCALA 1:5000



ESTE SECTOR SE ENCUENTRA ANALIZADO Y DETALLADO EN LOS PLANOS 10A, 10B Y 10C

- REFERENCIAS
- SECTORES DEDICADOS A LA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA

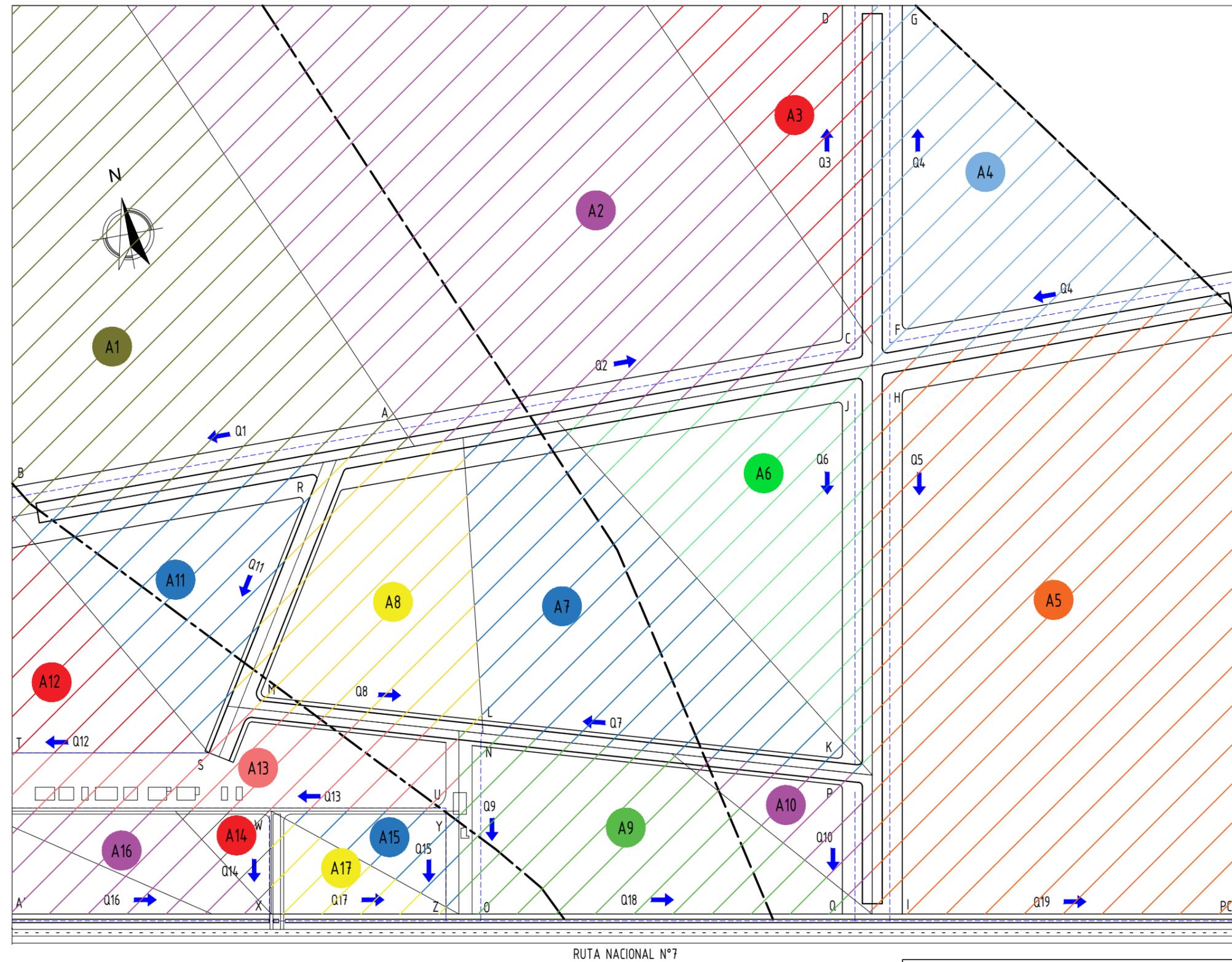


UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
 FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

02	PROYECTO IV	ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO	FECHA 16/08/2022
		SITUACIÓN PROYECTADA	ESCALA 1:5000
		ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	REVISION 1

PROYECTO IV - GRUPO 1 - AEROCUB RUFINO

ARCHIVO: 02 - Situación proyectada.dwg



REFERENCIAS

- Divisoria de cuencas
- Línea de escurrimiento
- - - Cunetas proyectadas
- ➔ Sentido de escurrimiento
- E Extremos de cunetas proyectadas
- Q17 Caudales circulantes

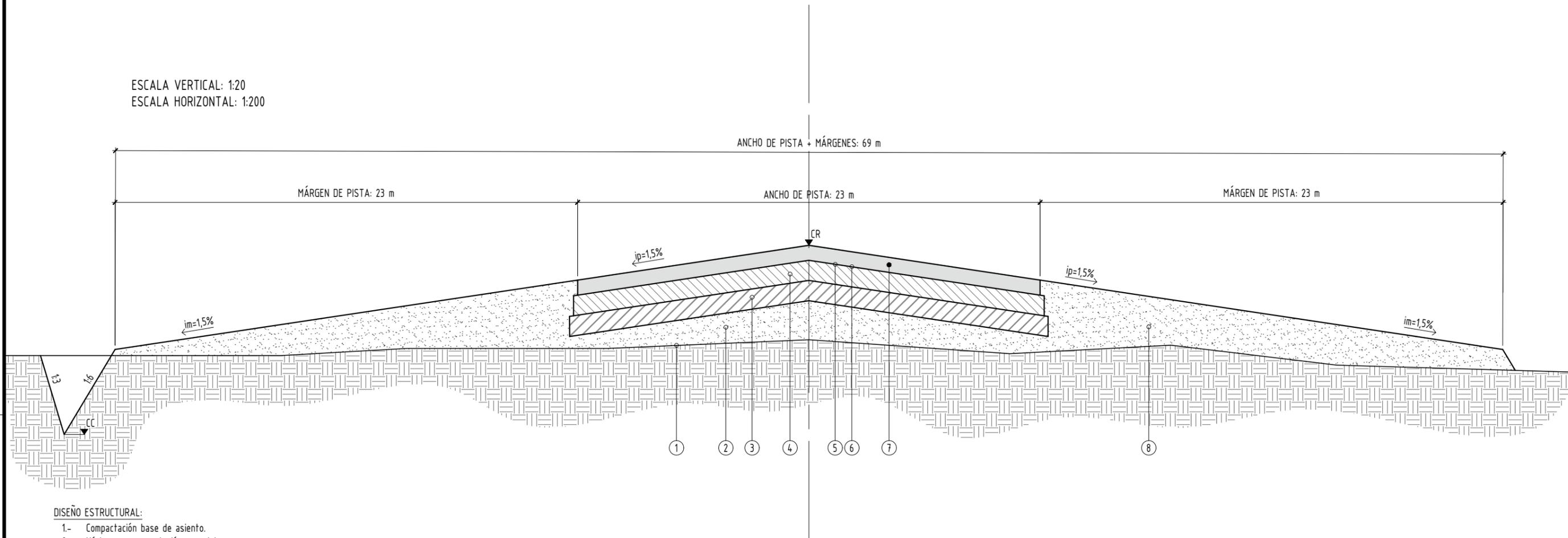
PROYECTO IV - GRUPO 1 - AEROCUB RUFINO

ARCHIVO: 03 - Cunetas proyectadas + Cuencas de aporte.dwg

RUTA NACIONAL N°7

 	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO IV	ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO
CUNETAS PROYECTADAS Y CUENCAS DE APORTE		ESCALA 1:5000
03	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	REVISION 1

ESCALA VERTICAL: 1:20
 ESCALA HORIZONTAL: 1:200

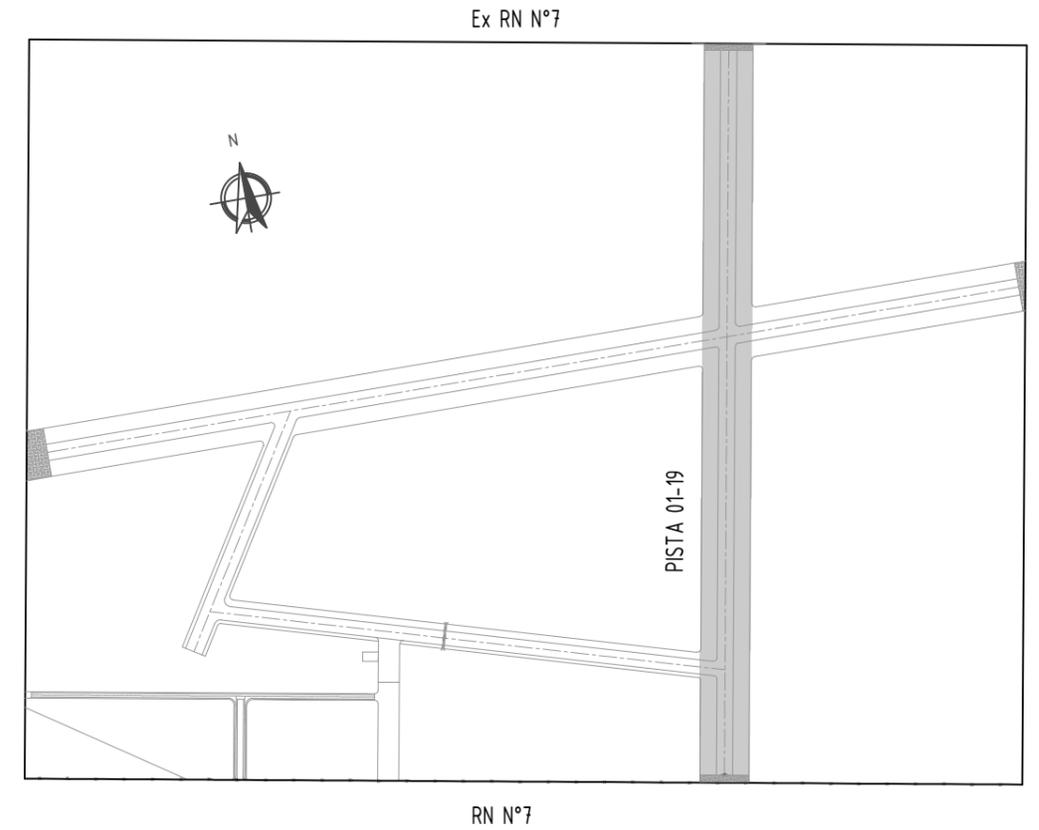
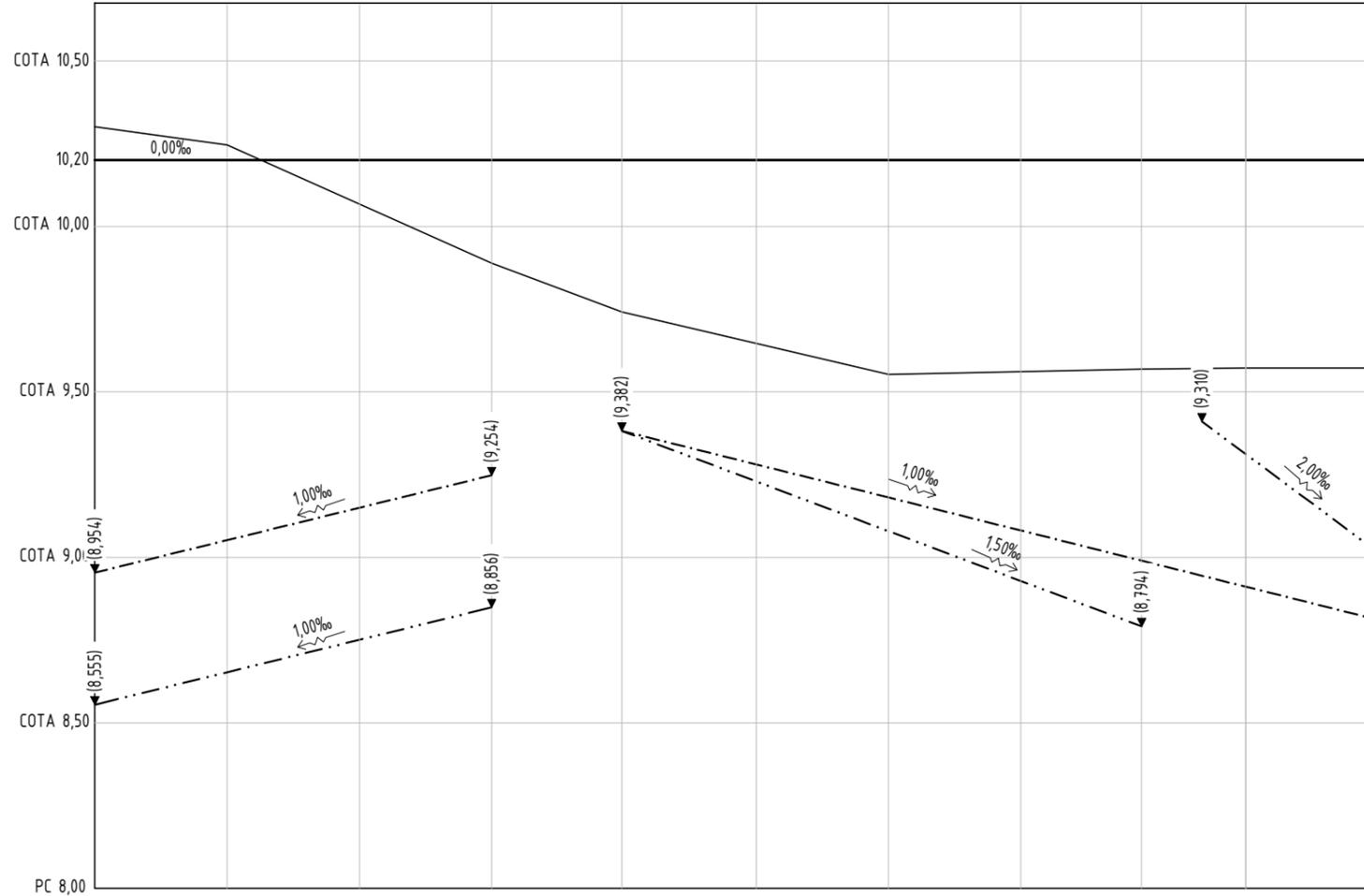
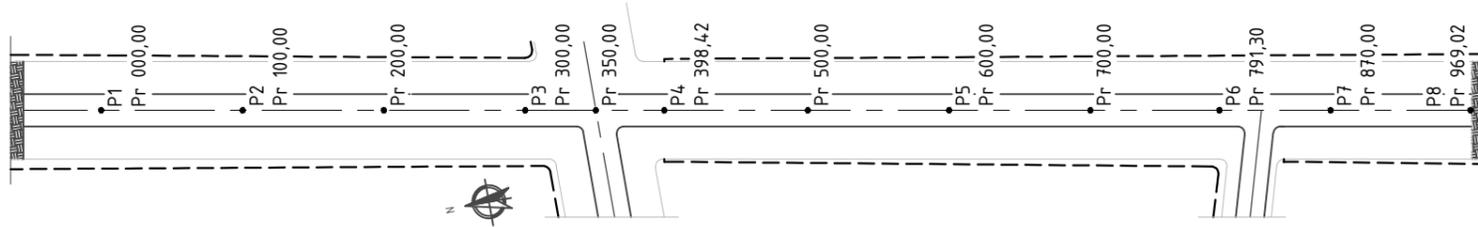


DISEÑO ESTRUCTURAL:

- 1.- Compactación base de asiento.
- 2.- Núcleo con compactación especial.
- 3.- "P-154 Uncrushed aggregate". Sub-base granular en 0,10 m de espesor y 23,60 m de ancho.
- 4.- "P-209 Crushed aggregate". Base granular en 0,10 m de espesor y 23,30 m de ancho.
- 5.- Riego de imprimación emulsión asfáltica de corte lento con 1,00 l/m² de ancho de base 23,30 m.
- 6.- Riego de liga emulsión asfáltica de corte rápido con 0,50 l/m² de ancho de base 23,00 m.
- 7.- "P-401/403 HMA Surface". Carpeta de concreto asfáltico en 0,05 m de espesor y 23,00 m de ancho.
- 8.- Suelo con compactación especial.

 	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		
	PROYECTO IV	ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO	FECHA 16/08/2022
PERFIL TIPO DE PAVIMENTO FLEXIBLE		ESCALA INDICADAS	
04	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela		REVISION 1

ALTIMETRIA PISTA 01-19



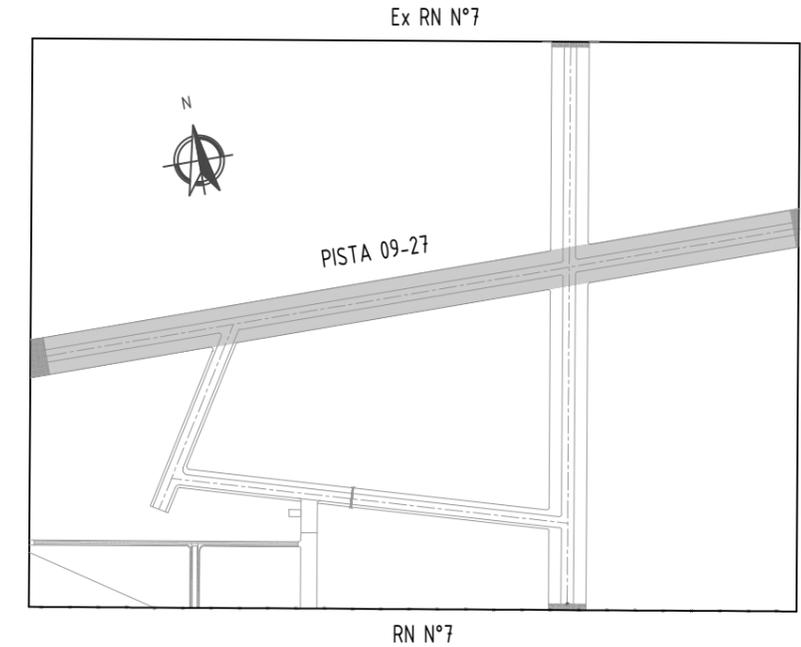
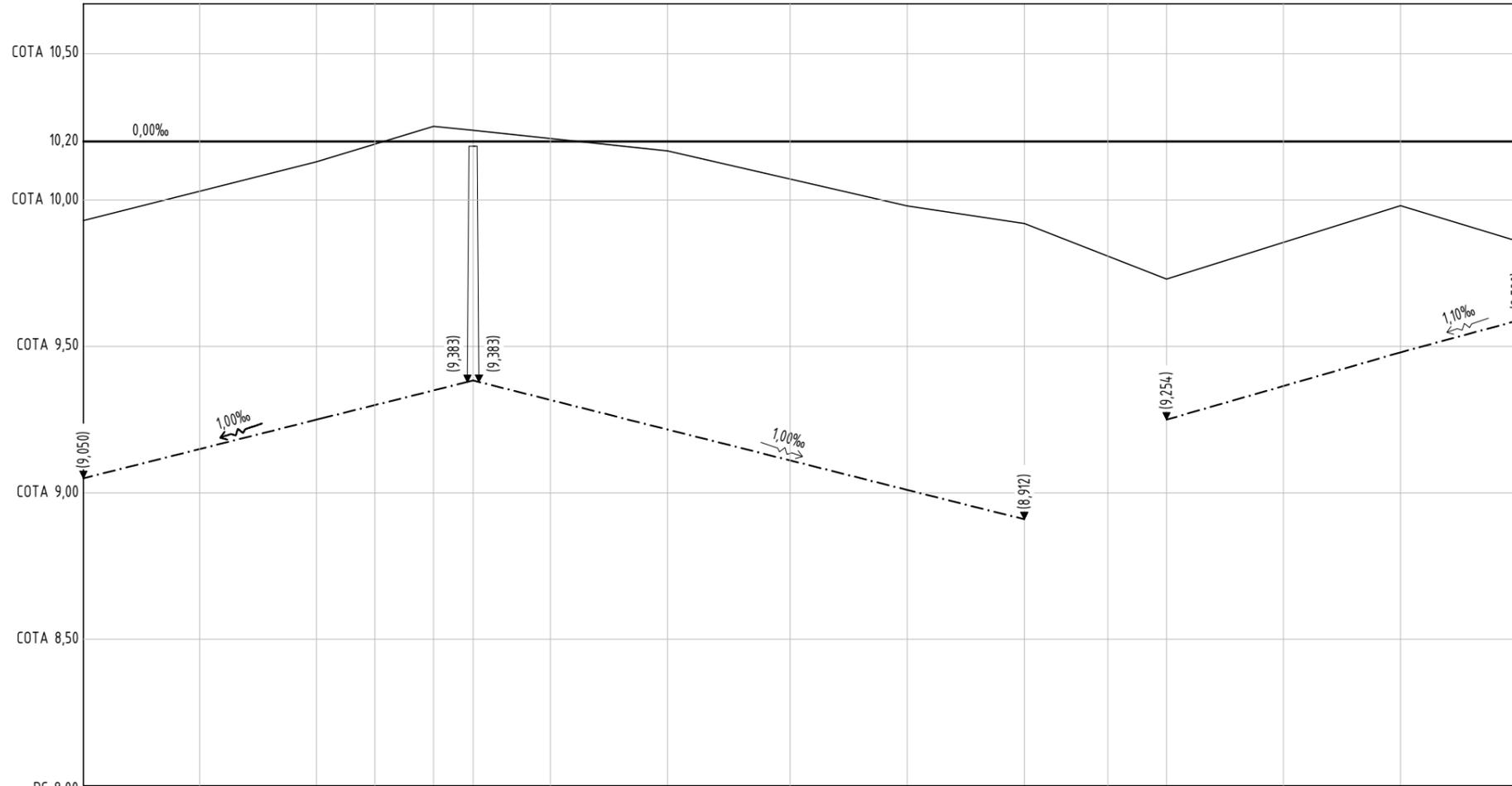
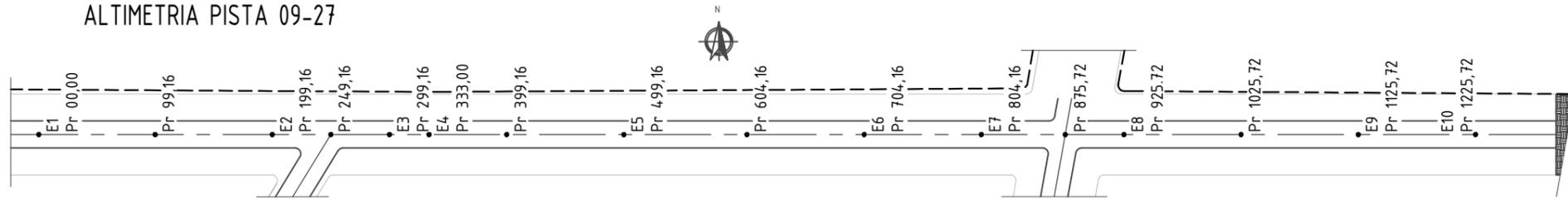
PROGRESIVAS	COTAS DE CUNETAS		COTAS DE RASANTE		COTAS DEL TERRENO	
P1 Pr 00,00	8,95	8,55	10,20	10,30	10,20	10,30
P2 Pr 100,00	9,05	8,65	10,20	10,25	10,20	10,25
P3 Pr 300,00	9,25	8,86	10,20	9,89	10,20	9,89
P4 Pr 398,42	9,38	9,38	10,20	9,74	10,20	9,74
P5 Pr 600,00	9,18	9,08	10,20	9,55	10,20	9,55
P6 Pr 791,30	8,99	8,79	10,20	9,57	10,20	9,57
P7 Pr 870,00	8,91	9,31	10,20	9,57	10,20	9,57
P8 Pr 969,02	8,81	9,02	10,20	9,57	10,20	9,57

DATOS ESTUDIO Y PROYECTO

REFERENCIAS	
	Rasante
	Terreno natural
	Eje de las pistas
	Sentido de escurrimiento
	1,00‰ Pendiente
	Cuneta en altimetría a la derecha
	Cuneta en altimetría a la izquierda
	Cunetas en planta

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO	PLANALTIMETRÍA PISTA 01-19
05A	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	FECHA: 16/08/2022 ESC. V 1:20 ESC. H 1:5000 REVISION: 1

ALTIMETRIA PISTA 09-27



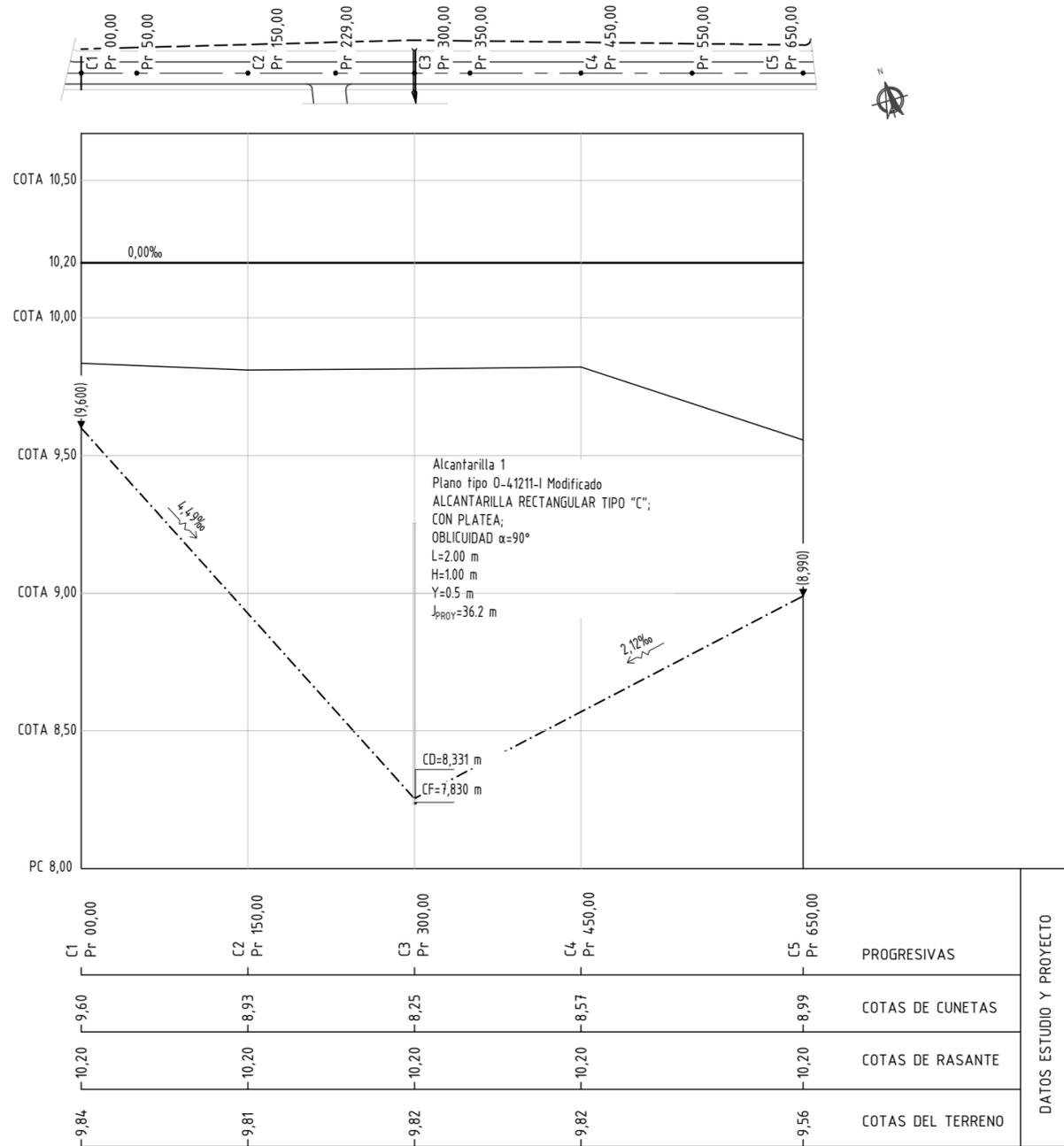
E1 Pr 00,00	E2 Pr 199,16	E3 Pr 299,16 E4 Pr 333,00	E5 Pr 499,16	E6 Pr 704,16	E7 Pr 804,16	E8 Pr 925,72	E9 Pr 1125,72	E10 Pr 1225,72	PROGRESIVAS
9,05	9,25	9,35	9,22	9,01	8,91	9,25	9,48	9,59	COTAS DE CUNETAS
10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	COTAS DE RASANTE
9,93	10,13	10,25	10,17	9,98	9,92	9,73	9,96	9,86	COTAS DEL TERRENO

DATOS ESTUDIO Y PROYECTO

REFERENCIAS	
	Rasante
	Terreno natural
	Eje de las pistas
	Sentido de escurrimiento
	Pendiente
	Cuneta en altimetría a la derecha
	Cuneta en altimetría a la izquierda
	Cunetas en planta

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
	PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO
05B	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela
FECHA: 16/08/2022 ESC. V 1:20 ESC. H 1:5000 REVISION: 1	

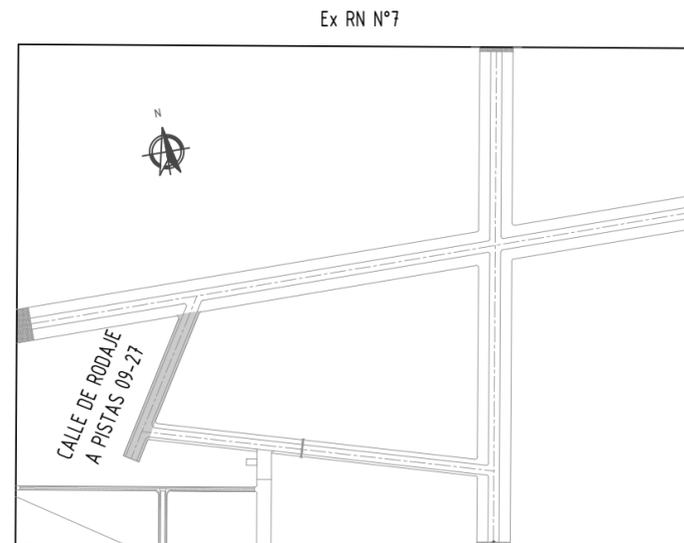
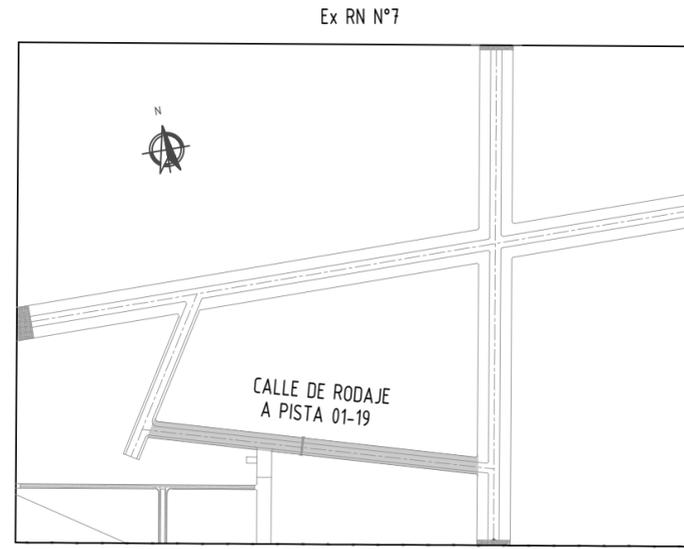
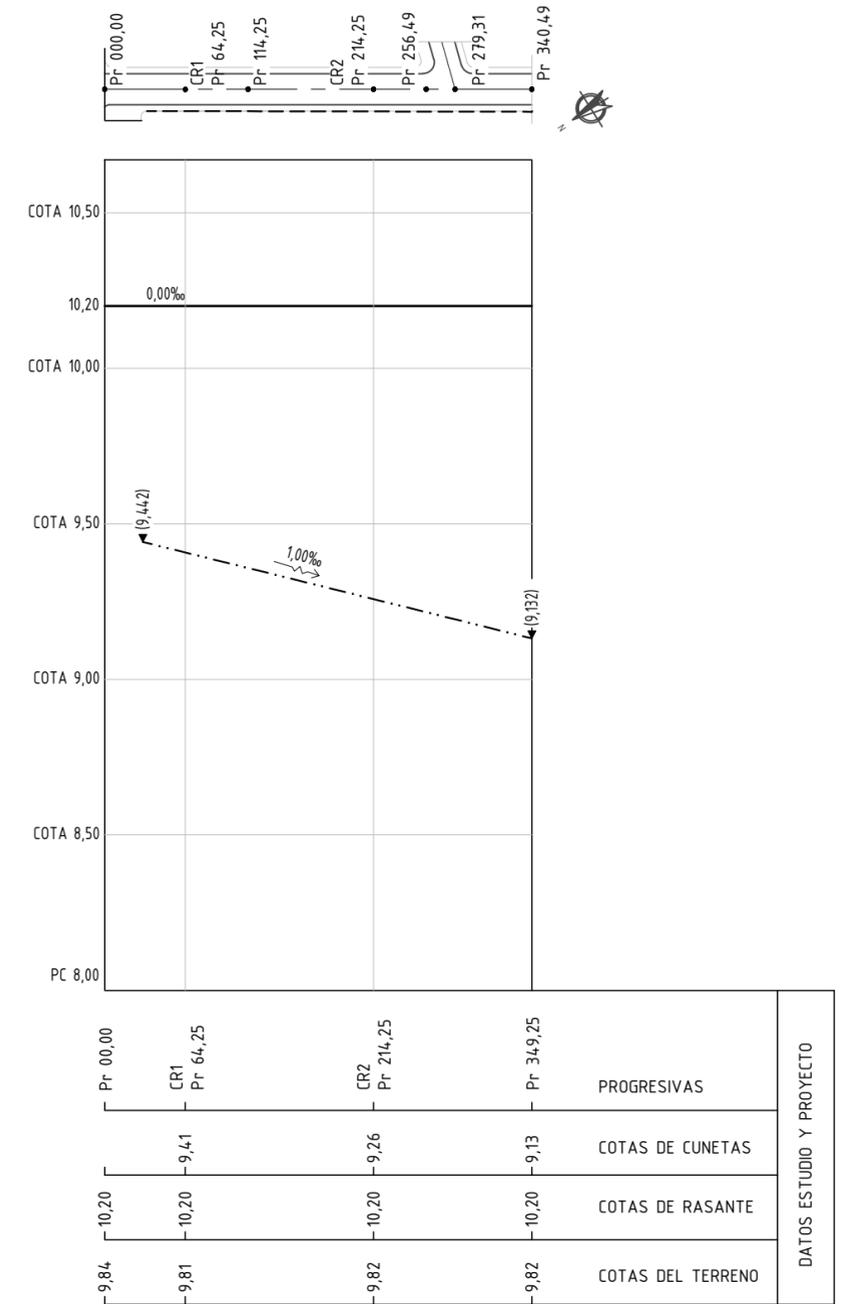
ALTIMETRIA CALLE DE RODAJE A PISTA 01-19



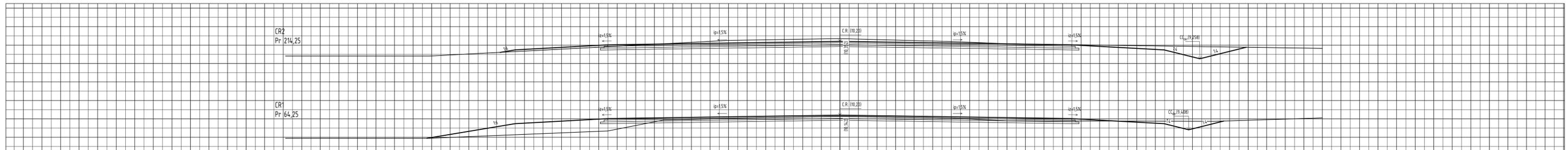
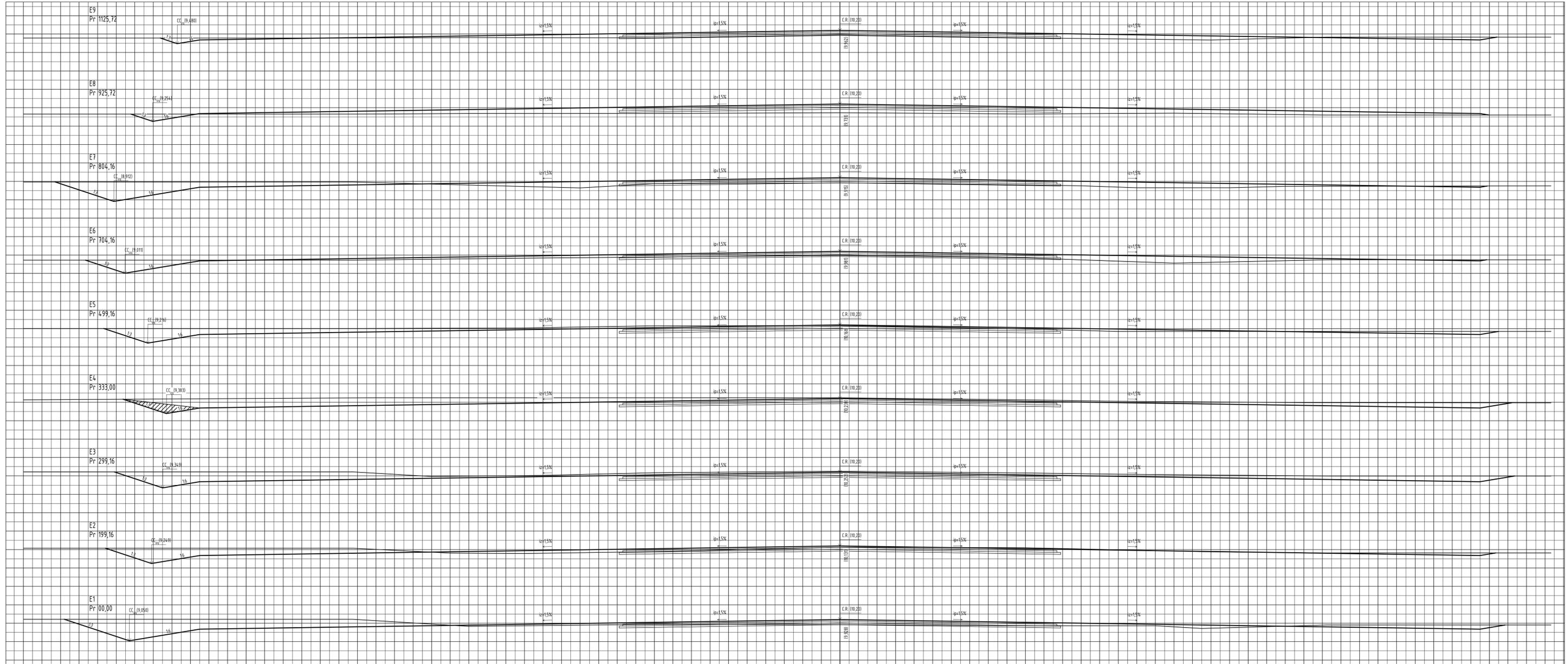
REFERENCIAS

	Rasante		1,00% Pendiente
	Terreno natural		Cuneta en altimetría a la derecha
	Eje de las pistas		Cuneta en altimetría a la izquierda
	Sentido de escurrimiento		Cunetas en planta

ALTIMETRIA CALLE DE RODAJE A PISTAS 09-27



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO IV	ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO
PLANIALTIMETRÍA CALLES DE RODAJE		ESC. V 1:20 ESC. H 1:5000
05C	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BÄHLKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	REVISION 1



REFERENCIAS

- PROYECTO
- TERRENO NATURAL
- C.R. 10,00 COTA DE PASANTE
- 19,200 COTA TERRENO NATURAL

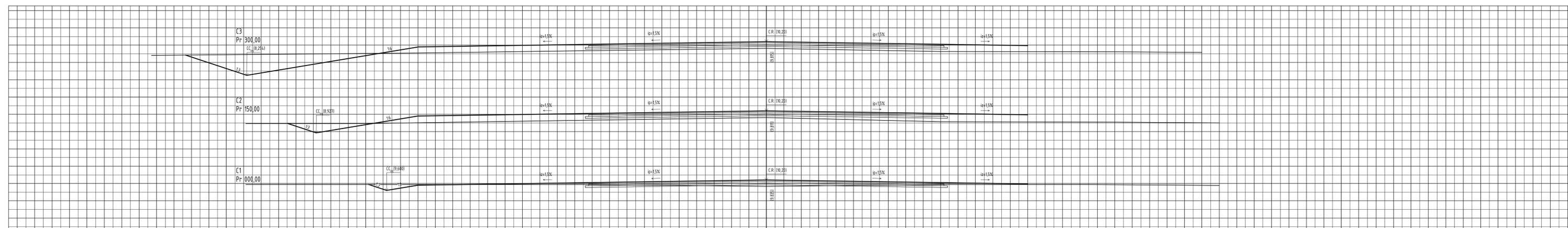
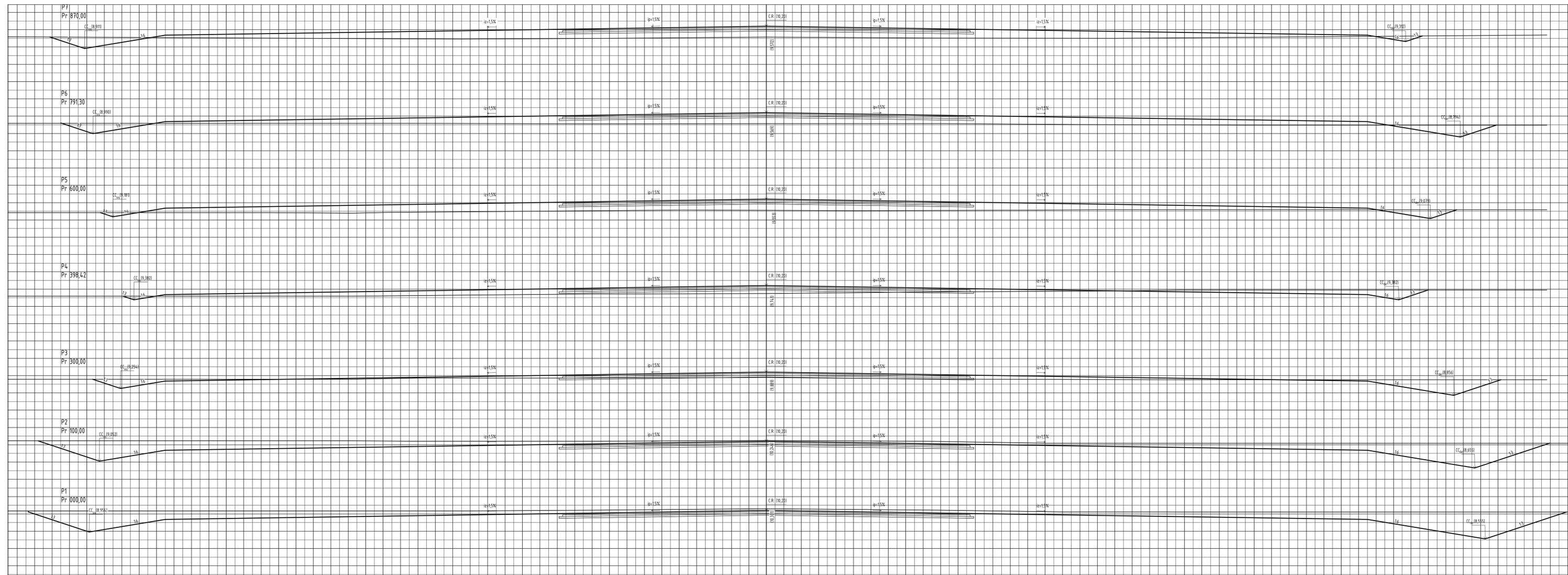


UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO

ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BÄHLKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela

FECHA: 16/08/2022
ESCALA: 1:100
REVISIÓN: 1

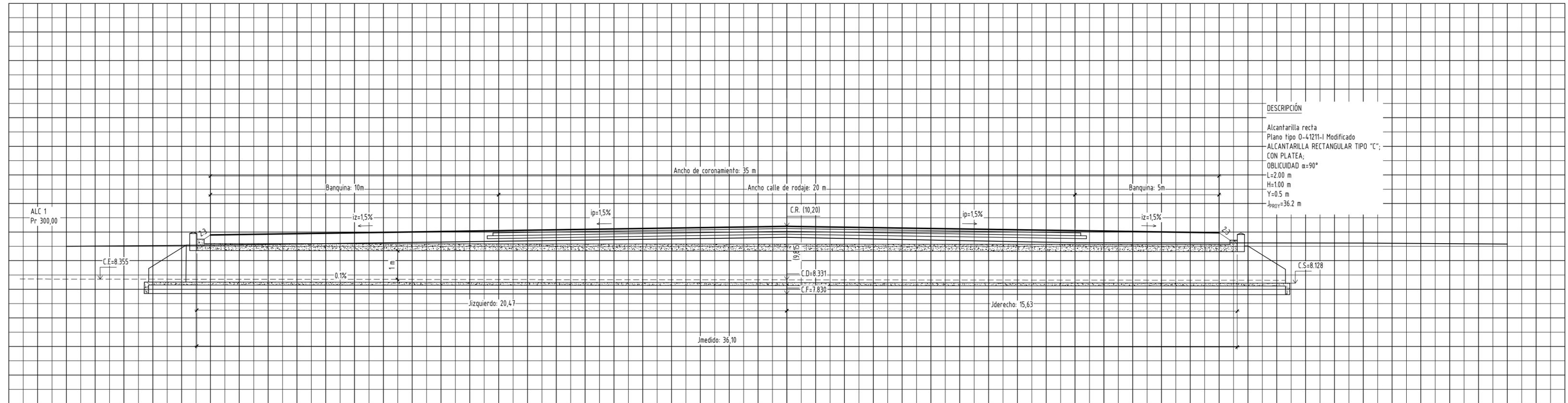


REFERENCIAS

- PROYECTO
- TERRENO NATURAL
- C.R. 10.20 COTA DE RASANTE
- 1:1.5% COTA TERRENO NATURAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		FECHA 01/07/2022
	PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO		ESCALA 1:100
PERFILES TRANSVERSALES PISTA 01-19 Y SU CALLE DE RODAJE			REVISION
06B	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BÄHLKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela		

PERFIL DE DESAGÜE



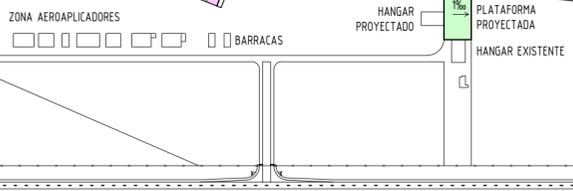
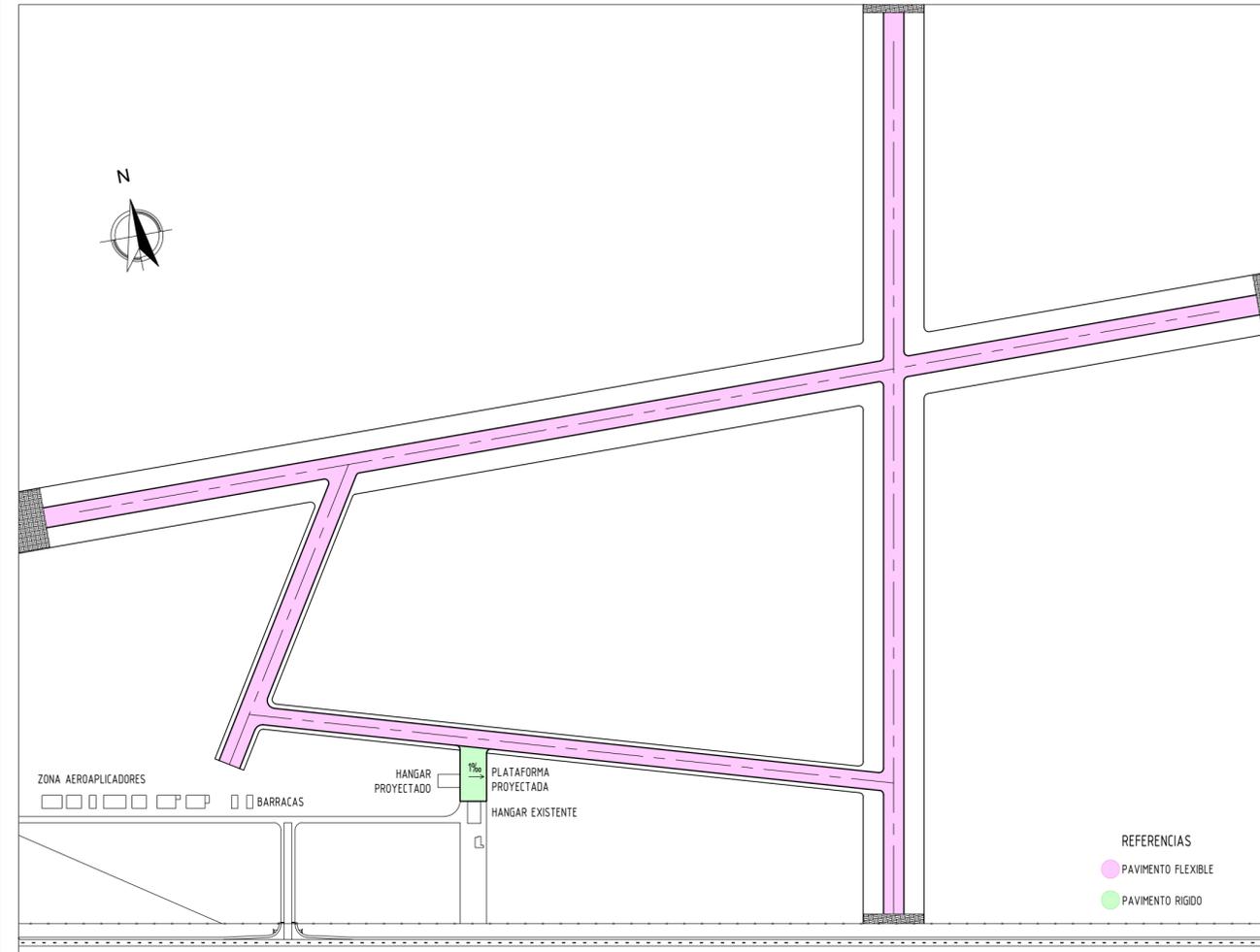
DESCRIPCIÓN

Alcantarilla recta
 Plano tipo 0-41211-1 Modificado
 ALCANTARILLA RECTANGULAR TIPO "C";
 CON PLATEA;
 OBLICUIDAD $\alpha=90^\circ$
 L=2,00 m
 H=1,00 m
 Y=0,5 m
 J_{PROY}=36,2 m

REFERENCIAS

- PROYECTO
- TERRENO NATURAL
- CR (889.50) COTA DE RASANTE
- (887.59) COTA TERRENO NATURAL

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		
		PROYECTO IV	ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO	FECHA 16/08/2022
PERFIL DE DESAGÜE		ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela		ESCALA 1:100
07				REVISION 1

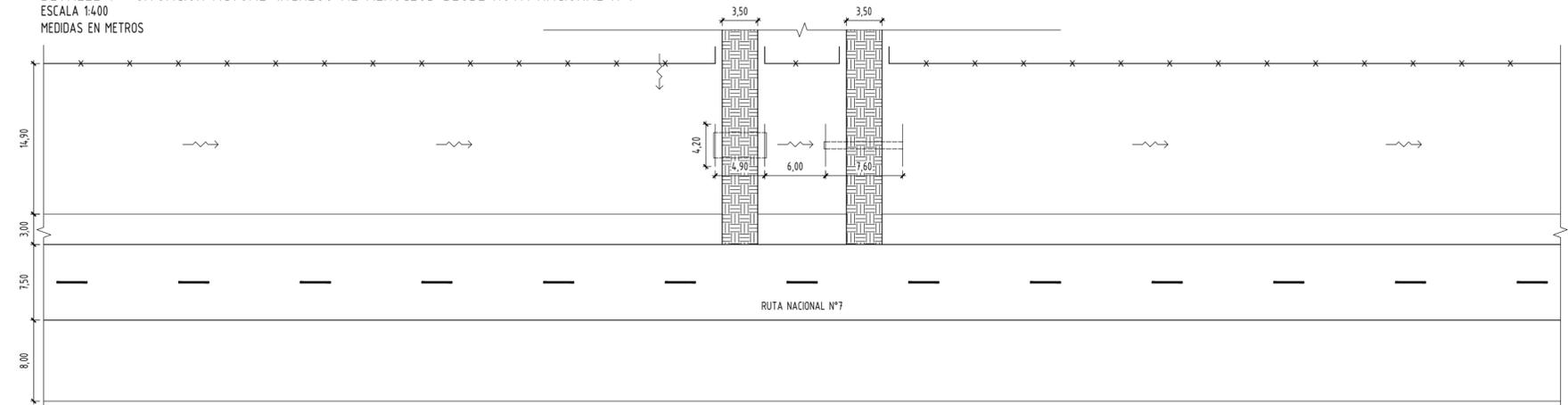


REFERENCIAS
 ● PAVIMENTO FLEXIBLE
 ● PAVIMENTO RIGIDO

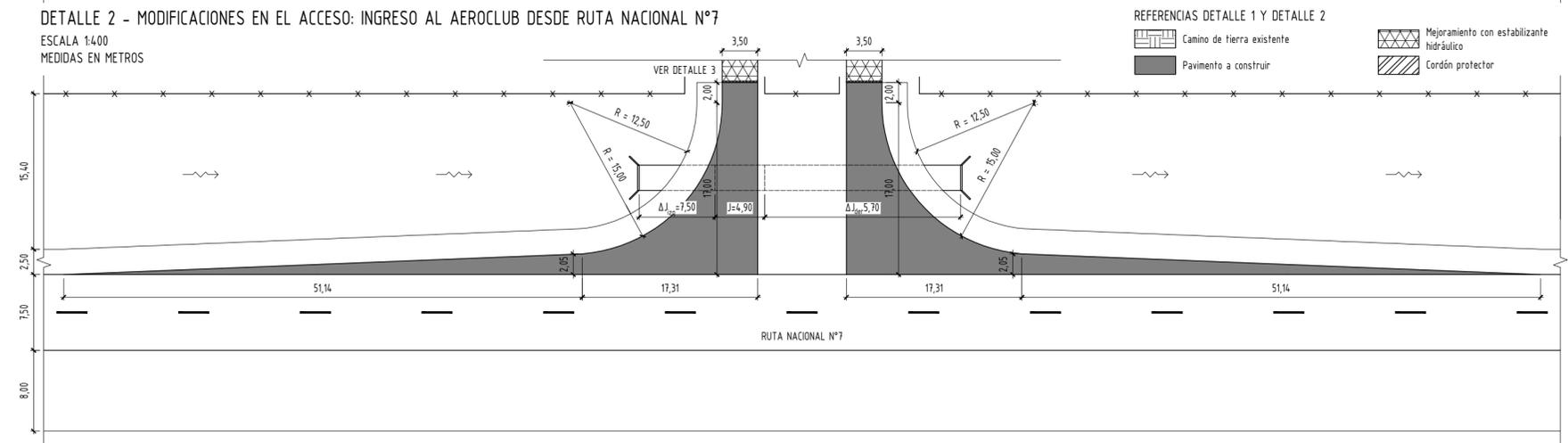
FOTO EXTRAIDA DE GOOGLE MAPS - SITUACION ACTUAL



DETALLE 1 - SITUACIÓN ACTUAL: INGRESO AL AEROCLUB DESDE RUTA NACIONAL N°7
ESCALA 1:400
MEDIDAS EN METROS



DETALLE 2 - MODIFICACIONES EN EL ACCESO: INGRESO AL AEROCLUB DESDE RUTA NACIONAL N°7
ESCALA 1:400
MEDIDAS EN METROS

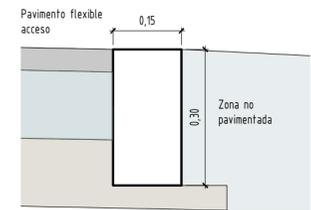


REFERENCIAS DETALLE 1 Y DETALLE 2
 [Symbol] Camino de tierra existente
 [Symbol] Pavimento a construir
 [Symbol] Mejoramiento con estabilizante hidráulico
 [Symbol] Cordón protector

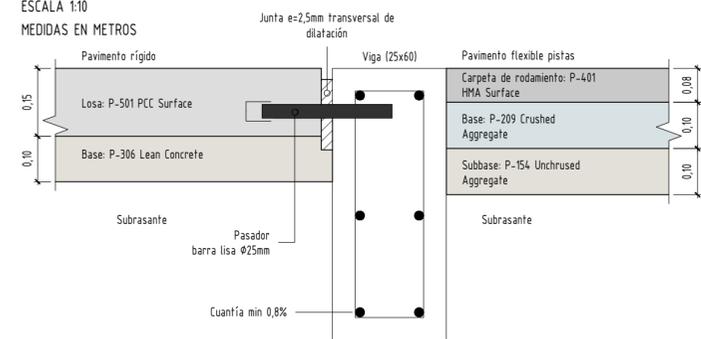
DISEÑO DE JUNTAS PLATAFORMA DE PAVIMENTO RÍGIDO
ESCALA 1:400
MEDIDAS EN METROS

- REFERENCIAS
- Tipo A-1 Junta Transversal de Contracción con pasadores Tipo C-1.
 - - - Longitudinal de Contracción o Articulación sin barras de unión Tipo D-2.
 - - - Junta Longitudinal de Construcción tipo D-1 (con barras de unión).
 - Losa tabique contra Calzada de Pavimento Asfáltico (ver DETALLE 4)
 - Ensanche y junta de construcción contra Calzada no Pavimentada
 - Terminación machibrada futuro hangar adicional
 - Losa Armada Malla Fe Ø8mm. (15x15) en el plano medio de la junta
 - Calado de testigo Ø15cm. Alivio de tensiones en encuentro de juntas

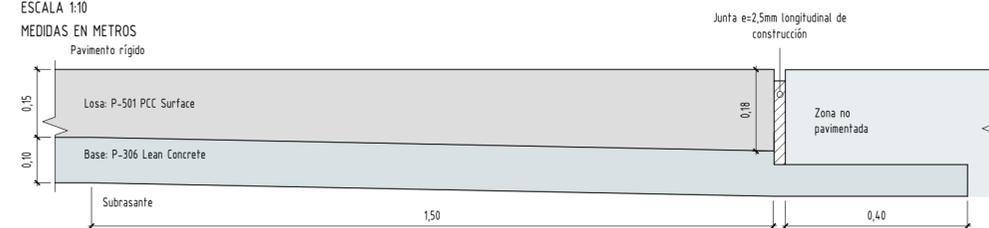
DETALLE 3 - CORDÓN PROTECTOR DE BORDE DEL PAVIMENTO
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN METROS



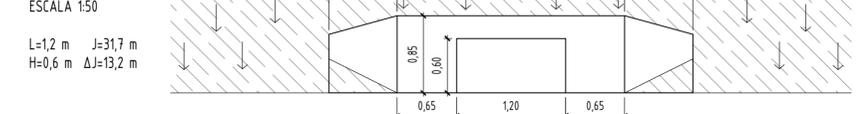
DETALLE 4 - LOSA TABIQUE CONTRA CALZADA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN METROS



DETALLE 5 - LOSA TABIQUE CONTRA CALZADA NO PAVIMENTADA
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN METROS



VISTA FRONTAL ALCANTARILLA
ESCALA 1:50

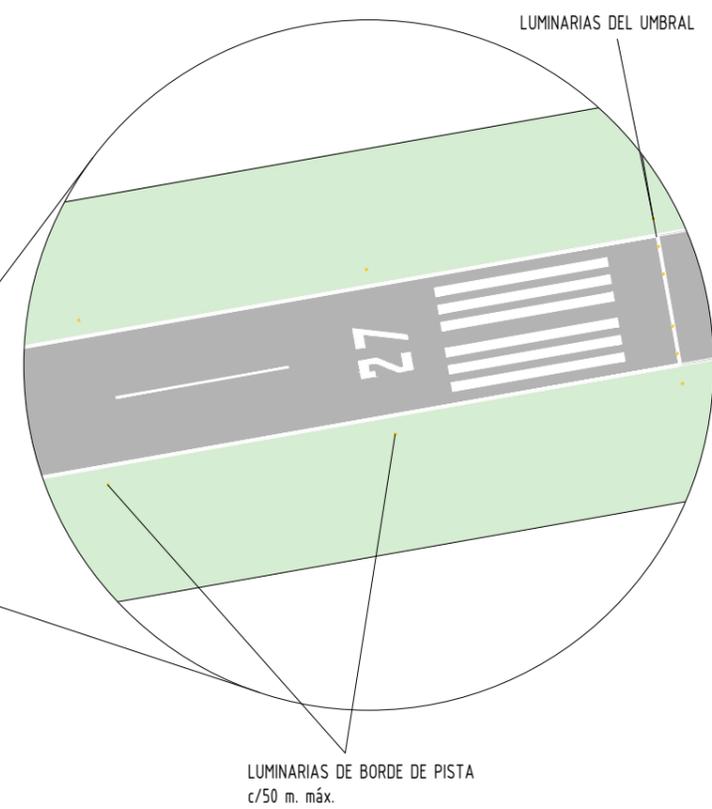
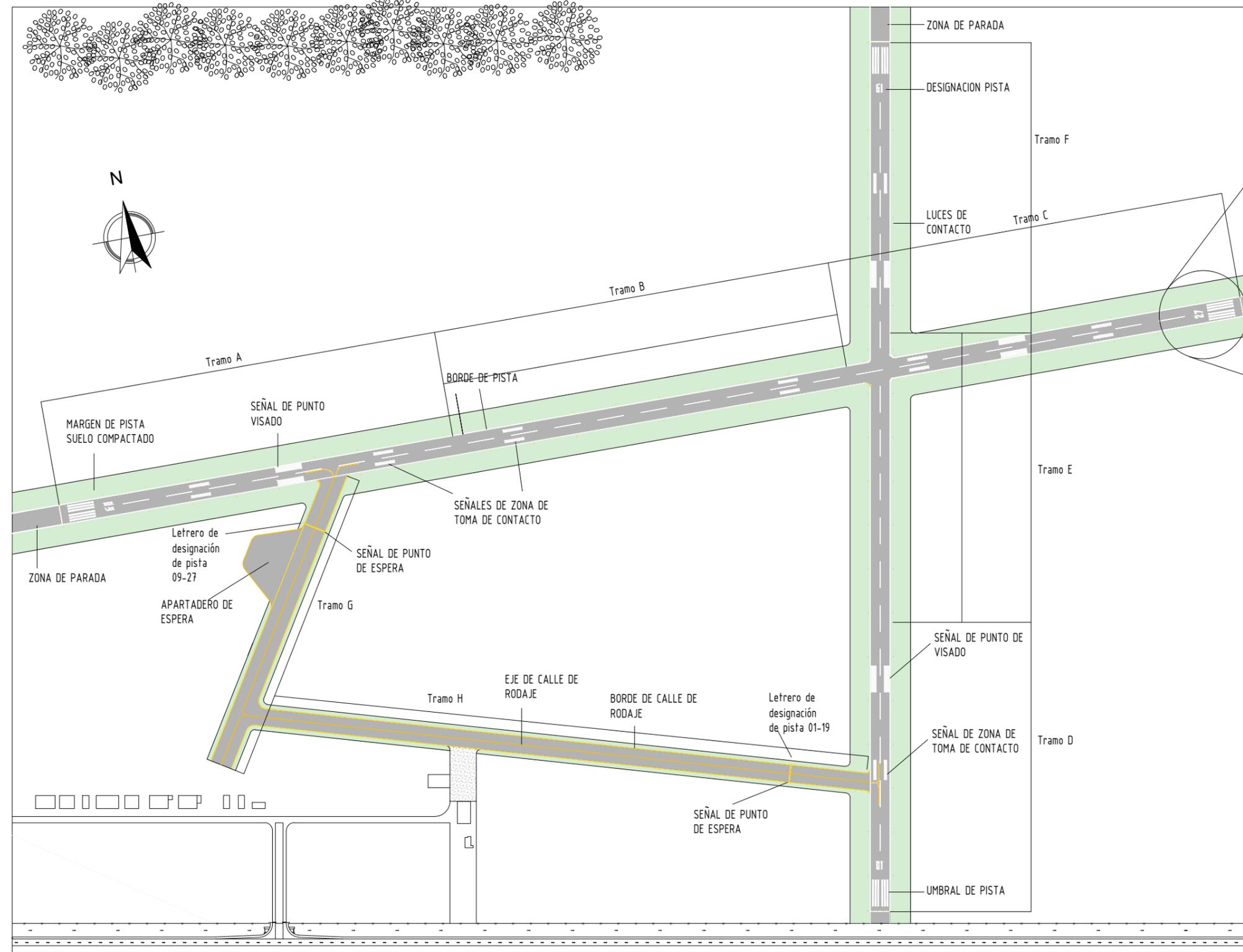


L=1,2 m J=31,7 m
H=0,6 m ΔJ=13,2 m

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO PAVIMENTOS Y MEJORAMIENTO DEL ACCESO	FECHA 16/08/2022 ESCALA INDICADAS REVISION 1
08	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BÄHLKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	

PLANTA AERODROMO

ESCALA 1:5000



LUMINARIAS LED DE BORDE DE PISTA TRAMOS A, C, D Y F
c/50 m. máx.

LUMINARIAS LED DE BORDE DE PISTA TRAMOS B Y E
c/50 m. máx.

LUMINARIAS LED DE SALIDA DE CALLE DE RODAJE - TRAMO G Y H
c/60 m. máx.

PROYECTO IV - GRUPO 1 - AEROCUB RUFINO

ARCHIVO: 09 - Señalización horizontal de pistas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO

FECHA
16/08/2022

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE PISTAS

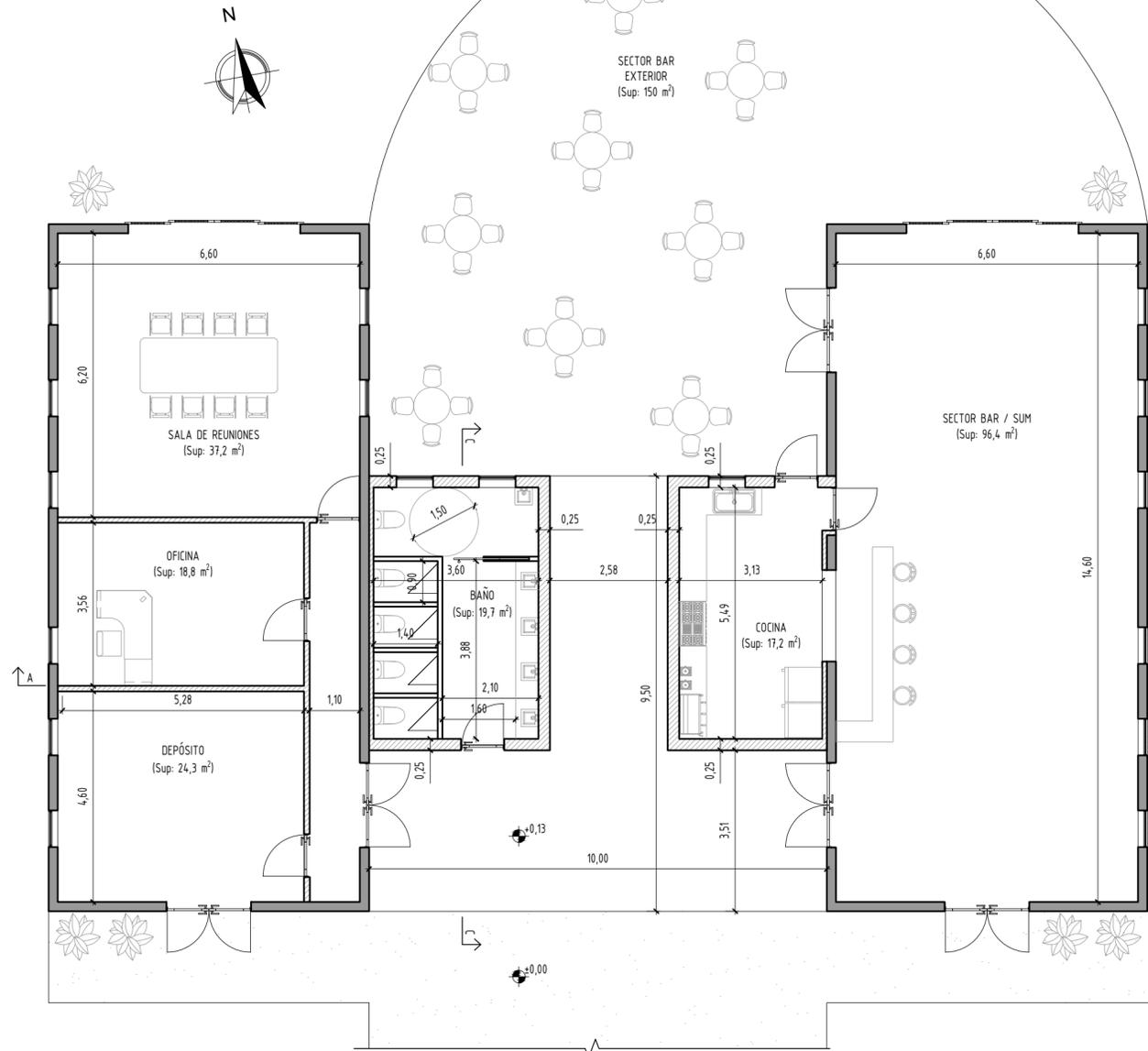
ESCALA
1:5000

09

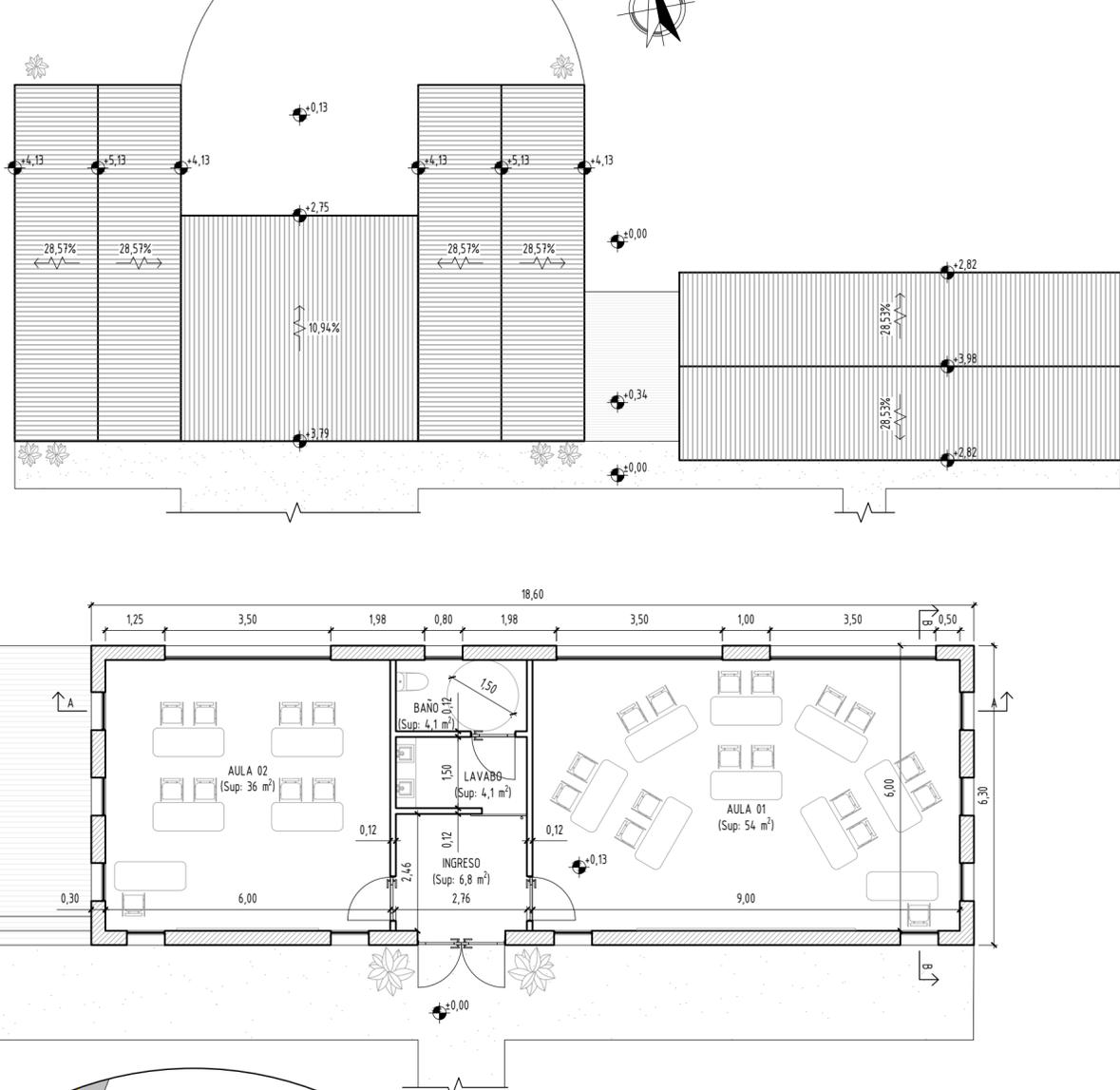
ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela

REVISION
1

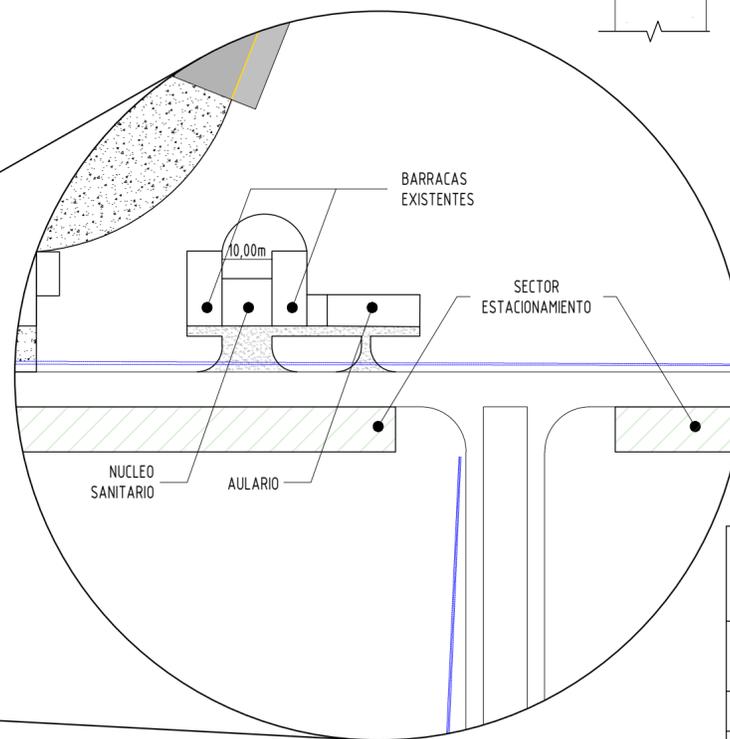
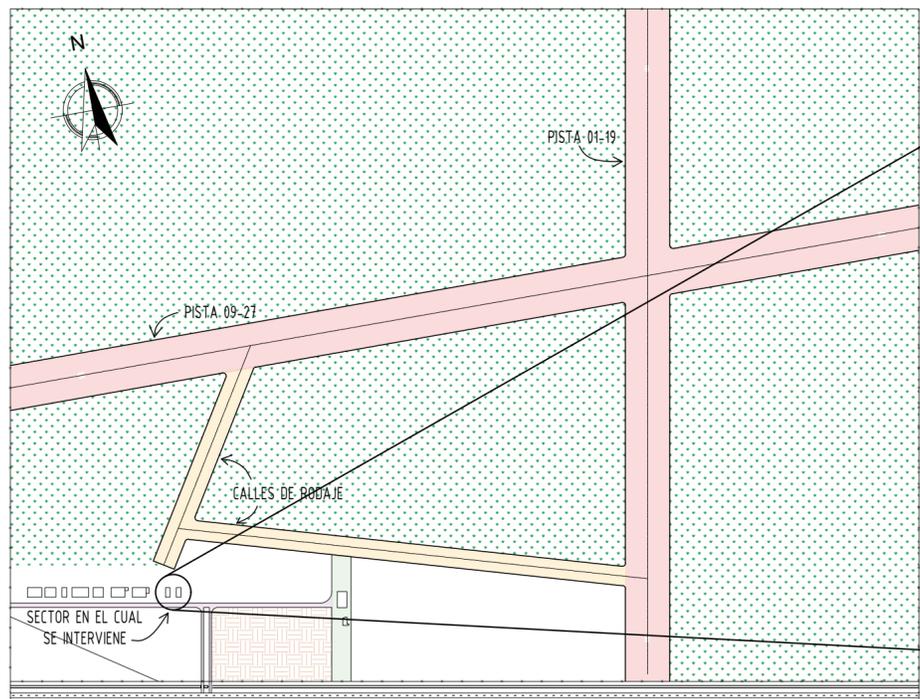
PLANTA ARQUITECTÓNICA
ESCALA 1:100
MEDIDAS EN METROS



PLANTA DE AZOTEA
ESCALA 1:200
MEDIDAS EN METROS

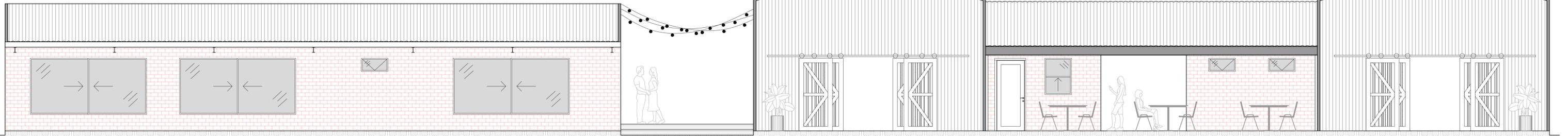


UBICACIÓN DENTRO DEL AERÓDROMO
SIN ESCALA

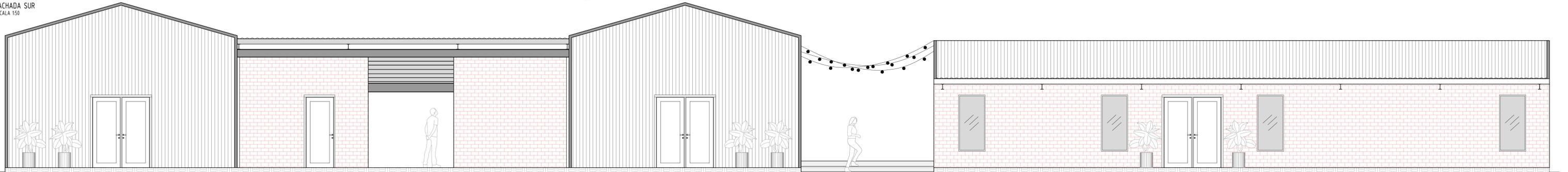


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	FECHA 16/08/22
	PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO	ESCALA INDICADAS
DISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DE SECTORES ADMINISTRATIVO, RECREATIVO Y EDUCATIVO 10A ESTUDIANTES ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	REVISION	1

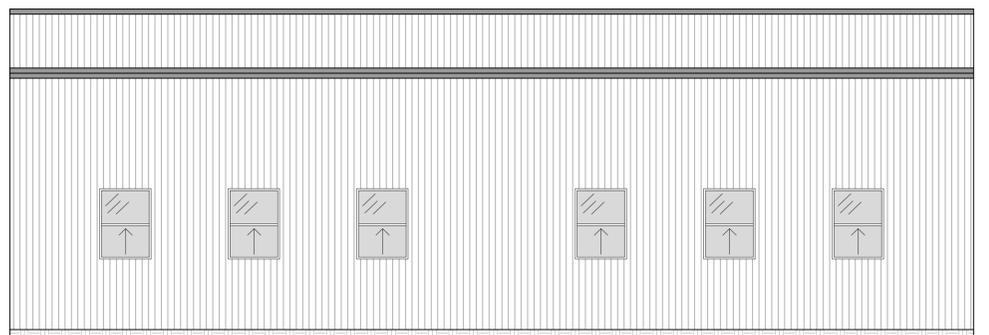
FACHADA NORTE
ESCALA 150



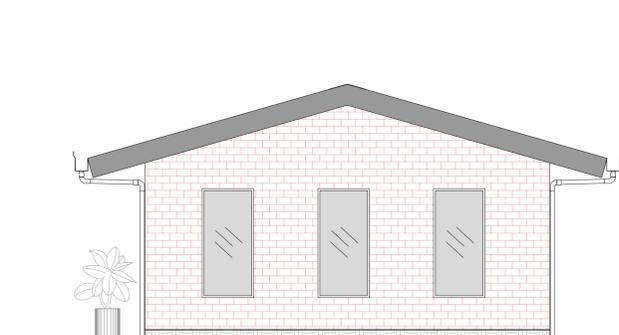
FACHADA SUR
ESCALA 150



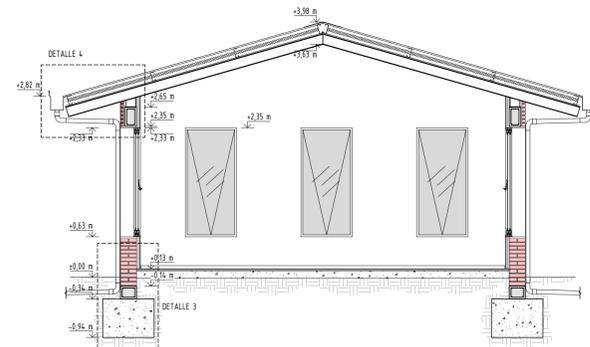
FACHADA OESTE
ESCALA 150



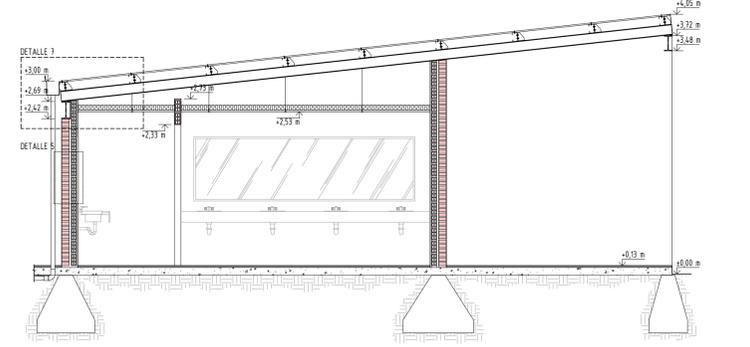
FACHADA ESTE
ESCALA 150



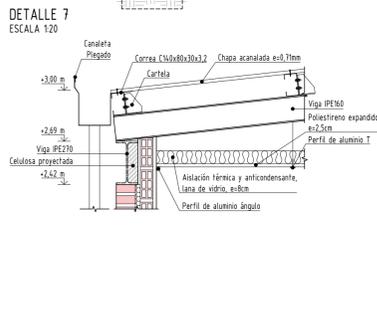
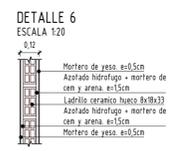
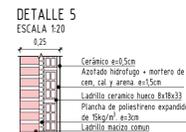
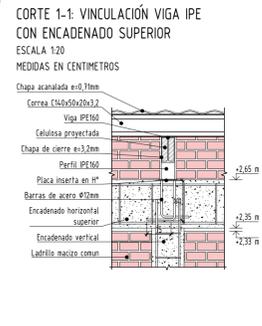
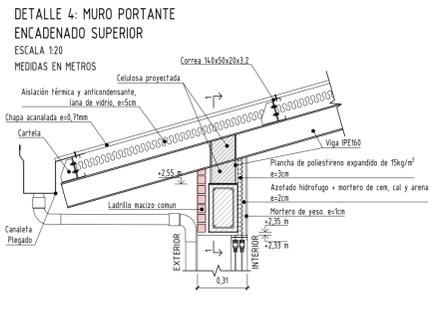
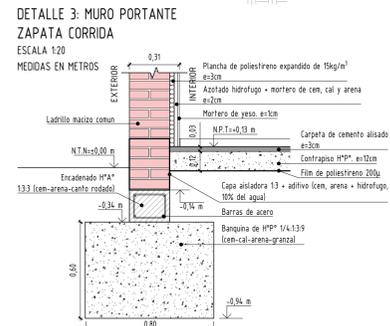
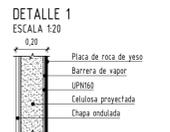
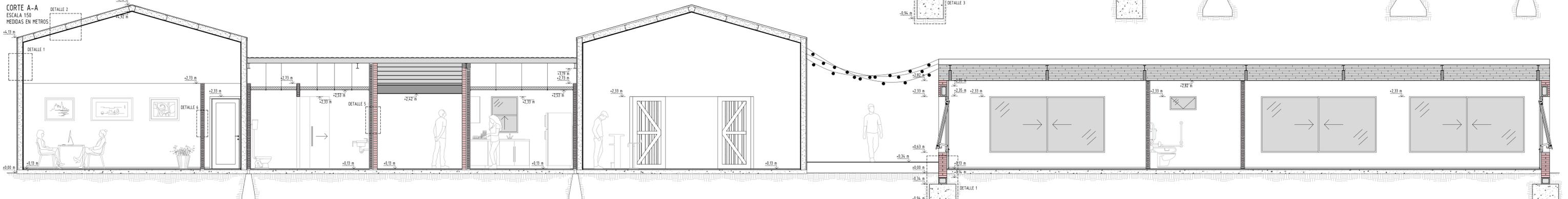
CORTE B-B
ESCALA 150
MEDIDAS EN METROS



CORTE C-C
ESCALA 150
MEDIDAS EN METROS



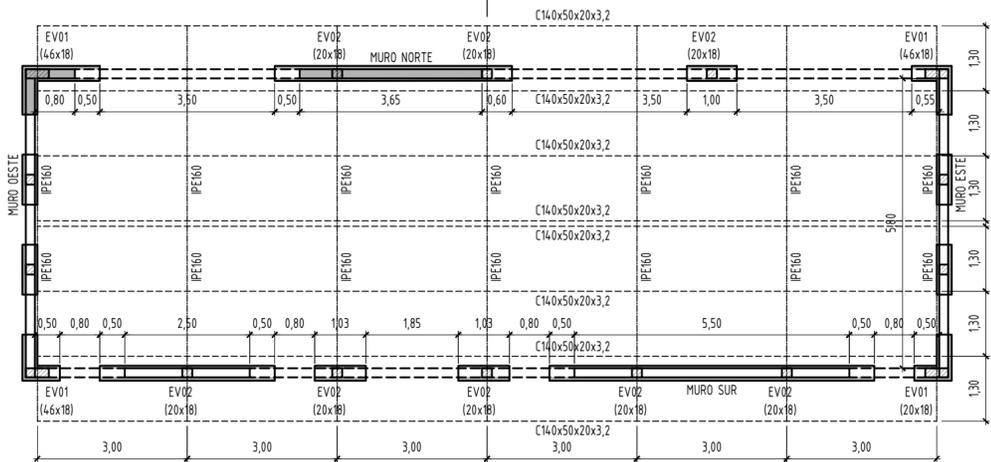
CORTE A-A
ESCALA 150
MEDIDAS EN METROS



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO		FECHA 16/08/22	
DISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DE SECTORES ADMINISTRATIVO, RECREATIVO Y EDUCATIVO		ESCALA INDICADAS	
10B	ESTUDIANTES ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	REVISION	

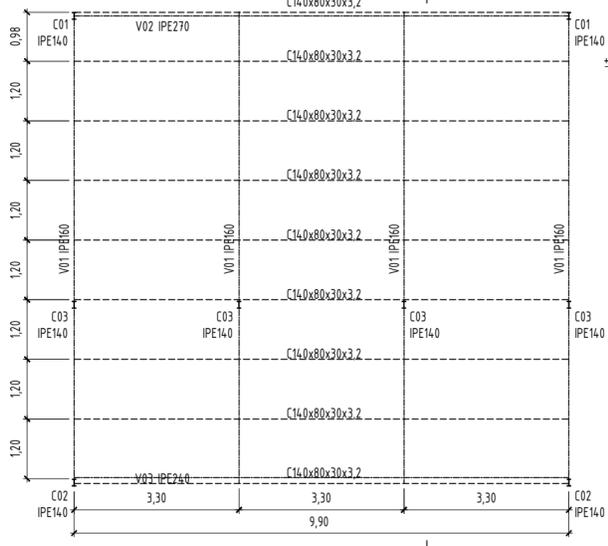
PROYECTO IV - GRUPO 1 - AEROCUB RUFINO
 ARCHIVO: 10 - Barrera y rubro.dwg

PLANTA ESTRUCTURAL AULARIO
ESCALA 1:100
MEDIDAS EN METROS

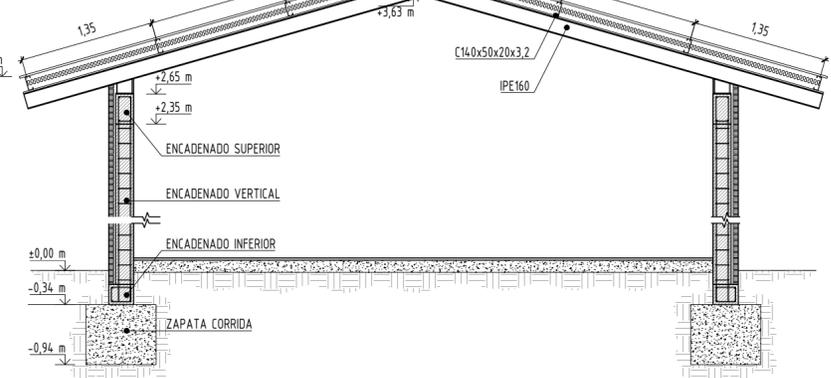


- REFERENCIAS
- MURO PORTANTE
 - ENCADENADO HORIZONTAL
 - ENCADENADO VERTICAL
 - DINTEL

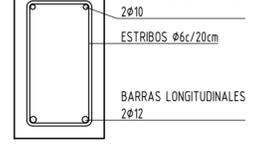
PLANTA ESTRUCTURAL NUCLEO ENTRE BARRACAS
ESCALA 1:100
MEDIDAS EN METROS



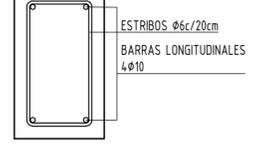
CORTE A-A
ESCALA 1:50
MEDIDAS EN METROS



DINTELES (18x30)
ESCALA 1:10



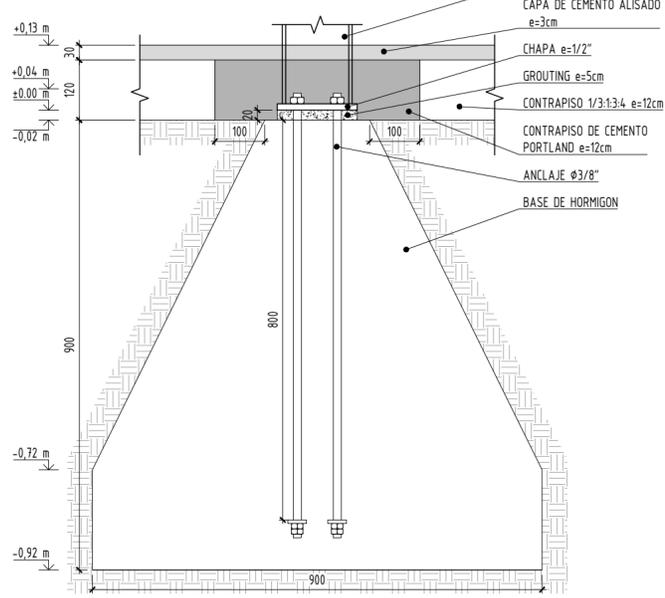
ENCADENADO SUPERIOR (18x30)
ESCALA 1:10



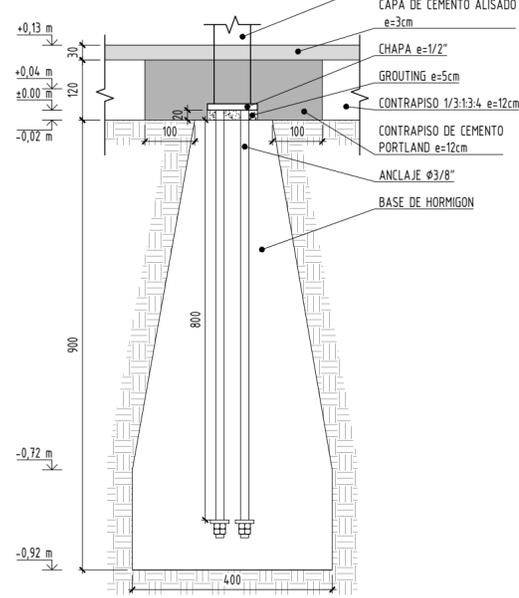
CORTE B-B
ESCALA 1:50
MEDIDAS EN METROS



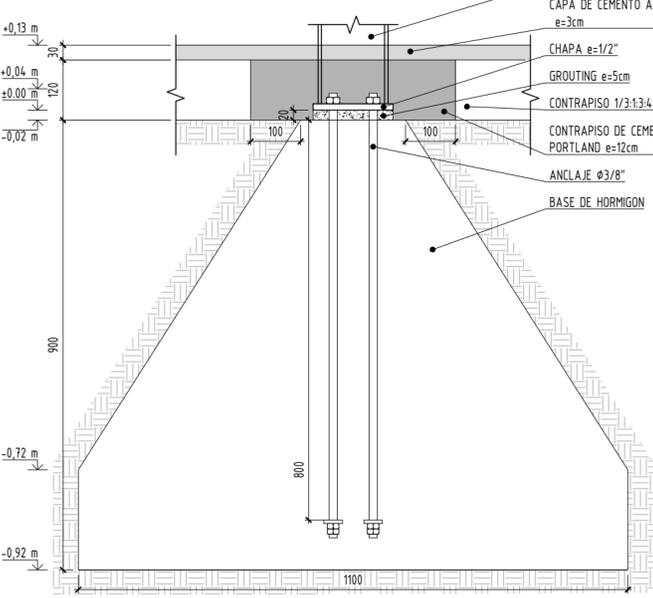
DETALLE BASE COLUMNAS C01
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN MILIMETROS



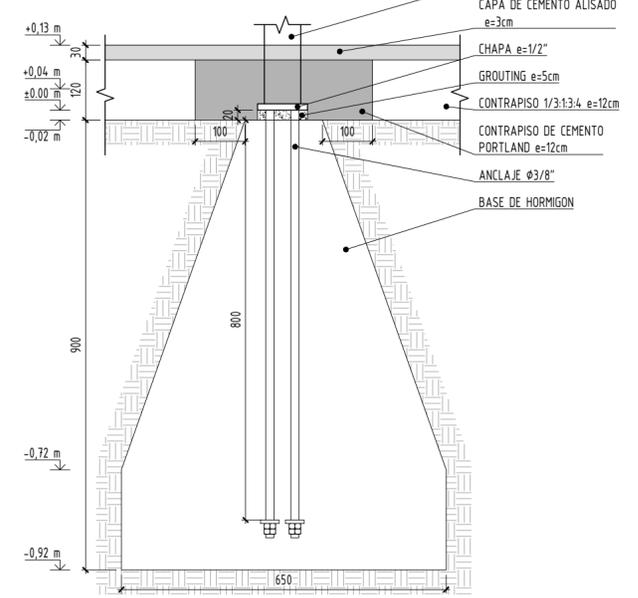
DETALLE BASE COLUMNAS C03
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN MILIMETROS



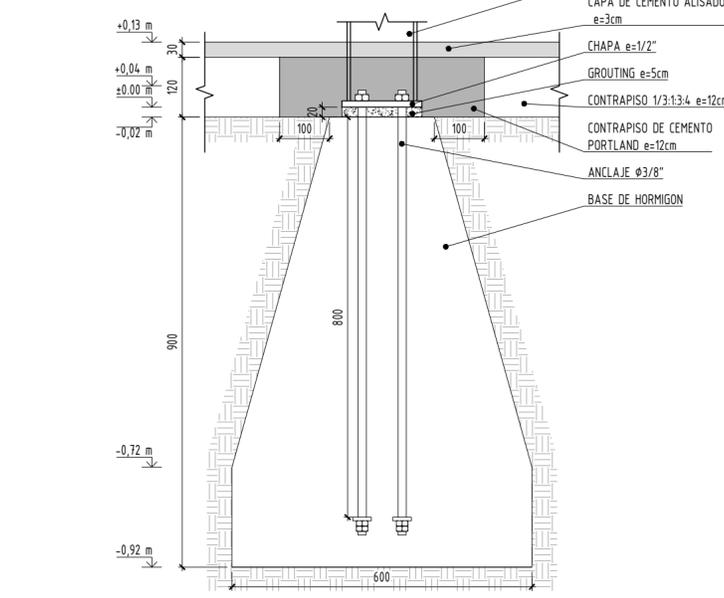
DETALLE BASE COLUMNAS C02
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN MILIMETROS



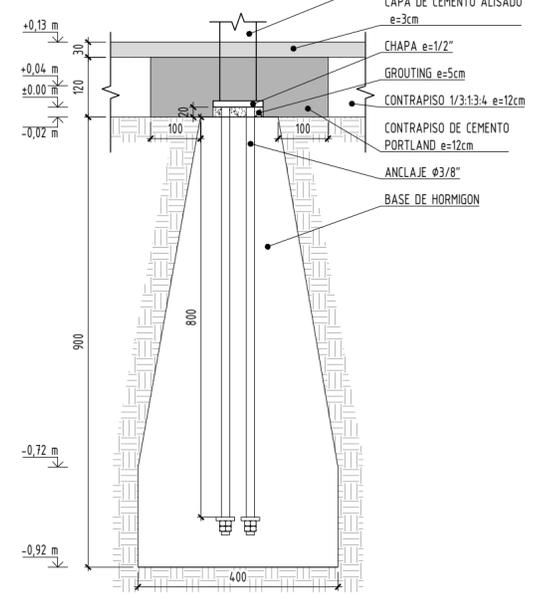
ESQUEMA DE VINCULACION ENTRE CORREA Y PERFIL IPE
VALIDO PARA AULARIO Y NUCLEO ENTRE BARRACAS
SIN ESCALA



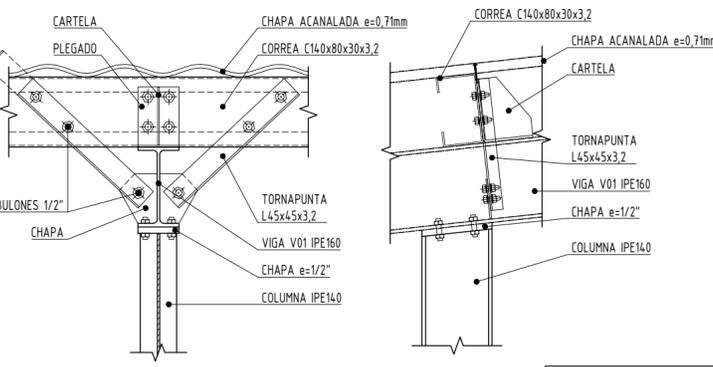
DETALLE BASE COLUMNAS C02
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN MILIMETROS



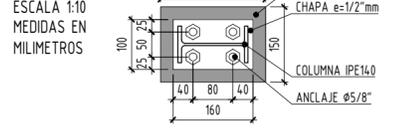
DETALLE BASE COLUMNAS C01-C02-C03
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN MILIMETROS



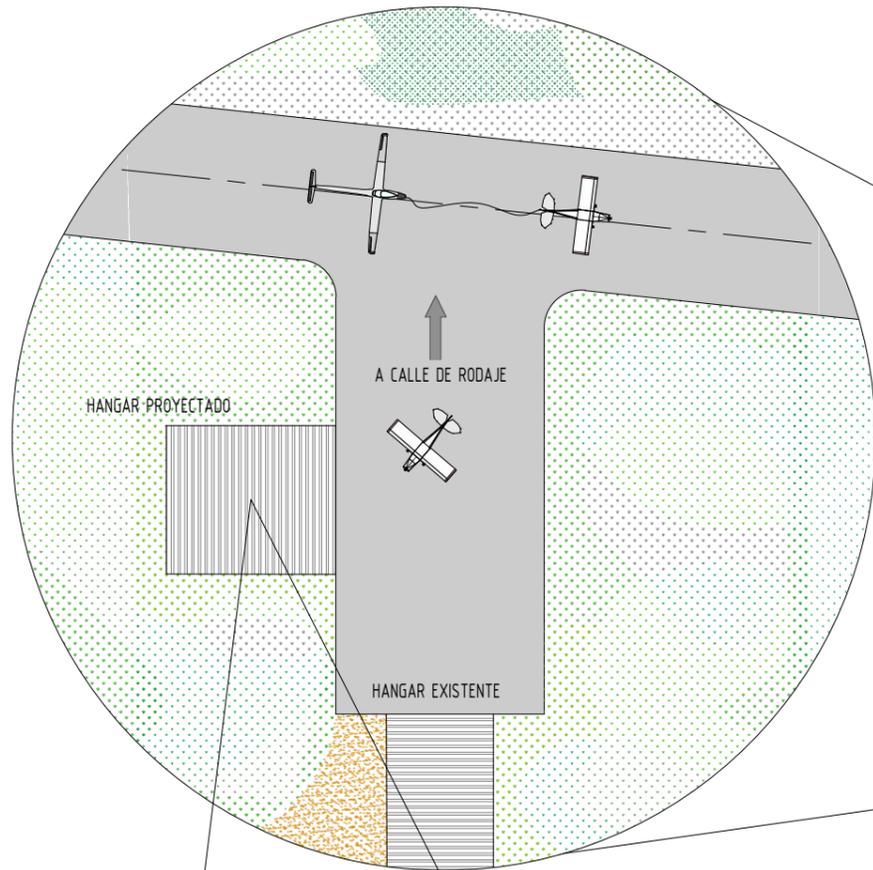
DETALLE VINCULACION VIGAS IPE160 A COLUMNAS
ESCALA 1:10



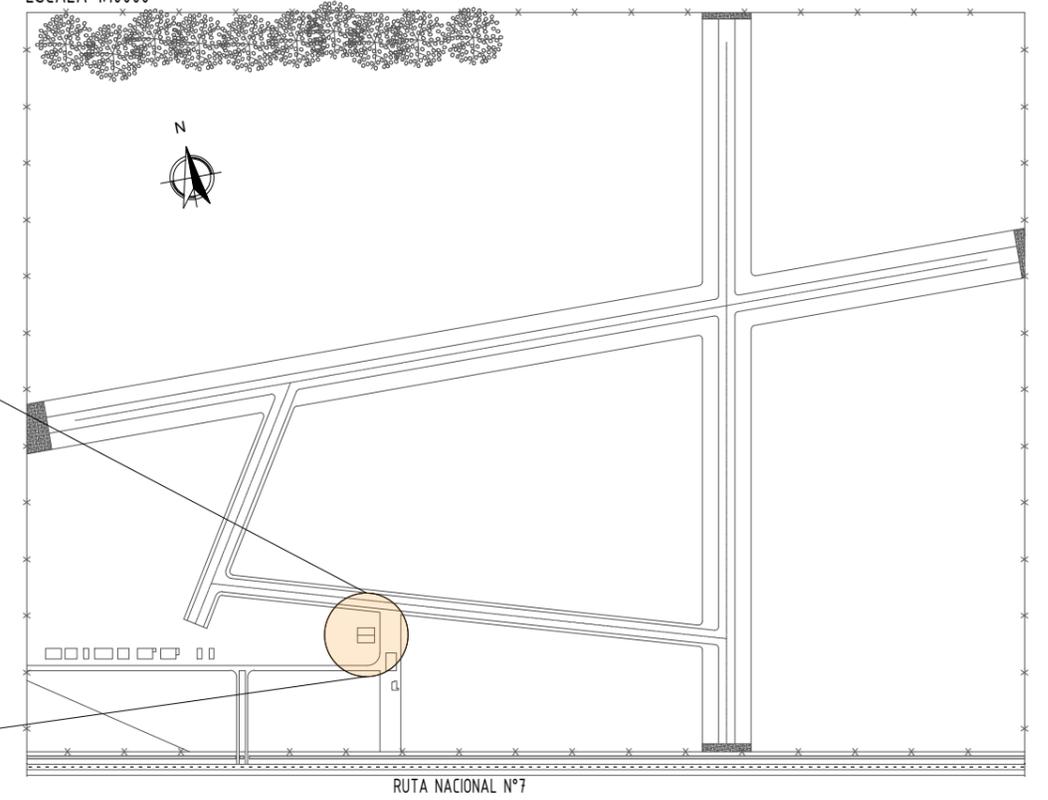
DETALLE BASE COLUMNAS
C01-C02-C03
ESCALA 1:10
MEDIDAS EN MILIMETROS



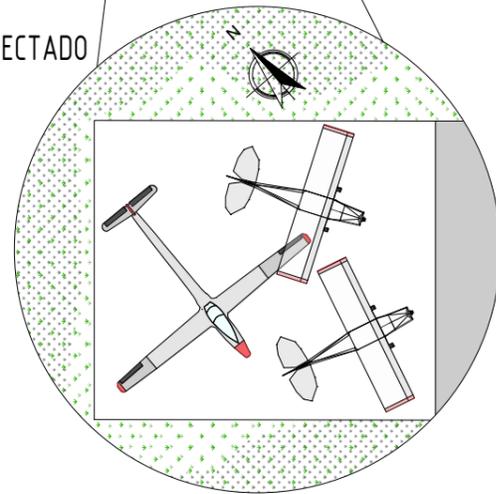
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO	FECHA 16/08/22
DISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DE SECTORES ADMINISTRATIVO, RECREATIVO Y EDUCATIVO		ESCALA INDICADAS
10C	ESTUDIANTES ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	
		REVISION 1



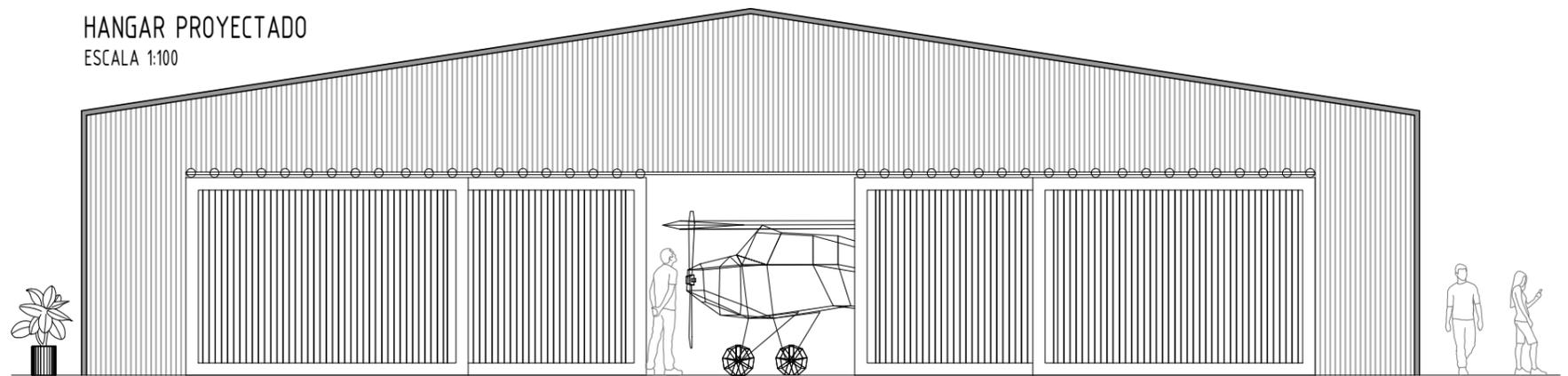
PLANTA AERODROMO
ESCALA 1:10000



ESPACIO INTERNO HANGAR PROYECTADO
ESQUEMA AERONAVES DEL CLUB



HANGAR PROYECTADO
ESCALA 1:100



HANGAR EXISTENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO IV

ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO
DEL AERÓDROMO DE RUFINO

FECHA
16/08/2022

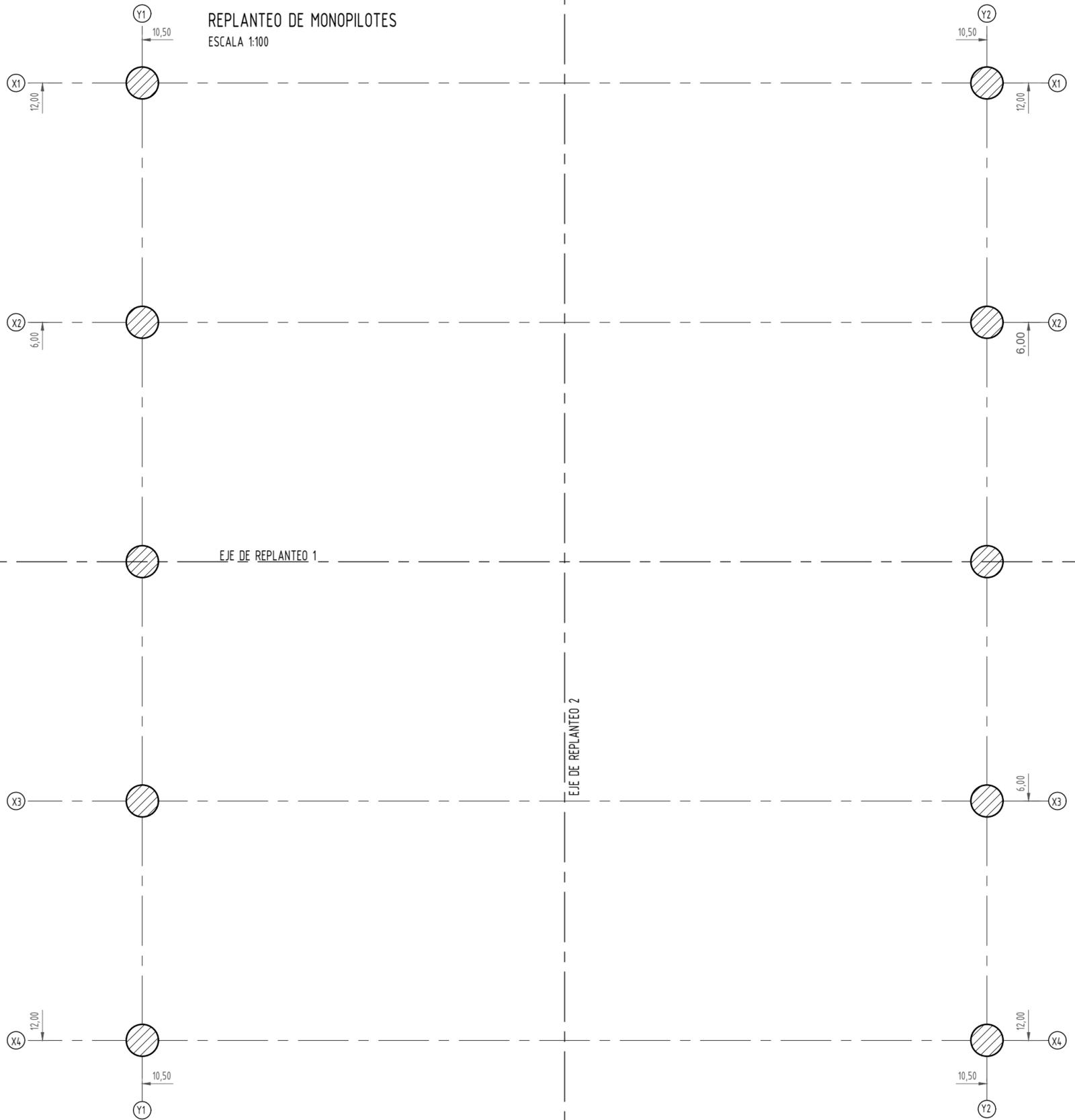
UBICACIÓN DEL HANGAR PROYECTADO EN EL AERÓDROMO

ESCALA
INDICADAS

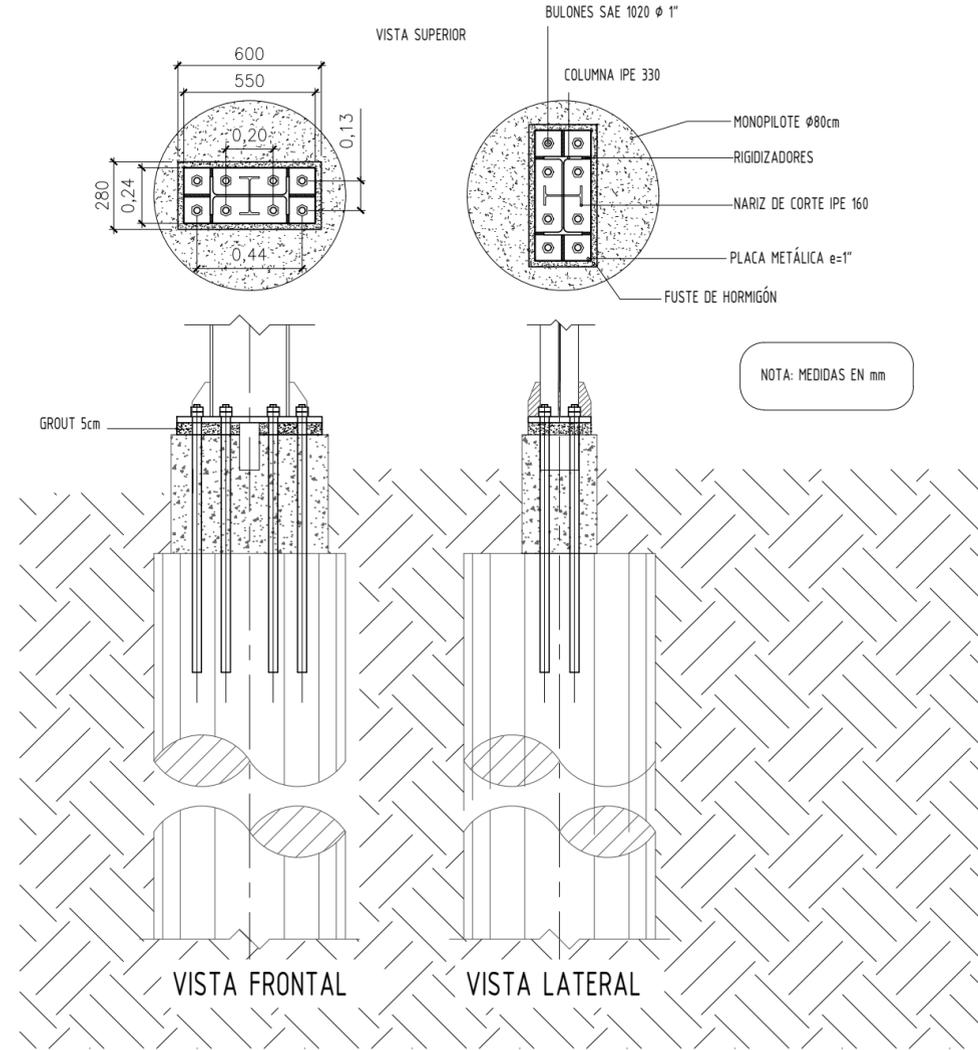
11

ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina -
CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela

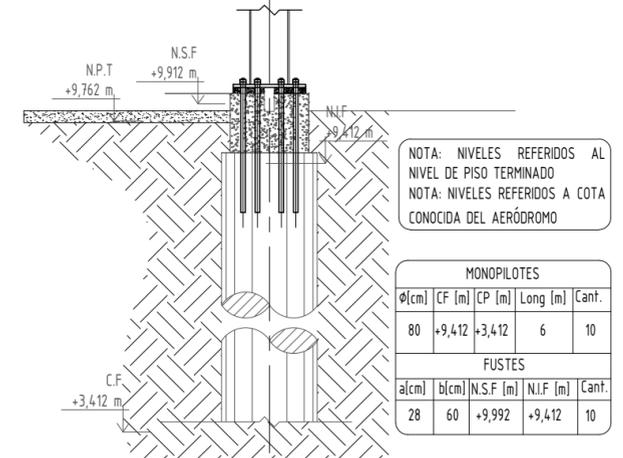
REVISION
1



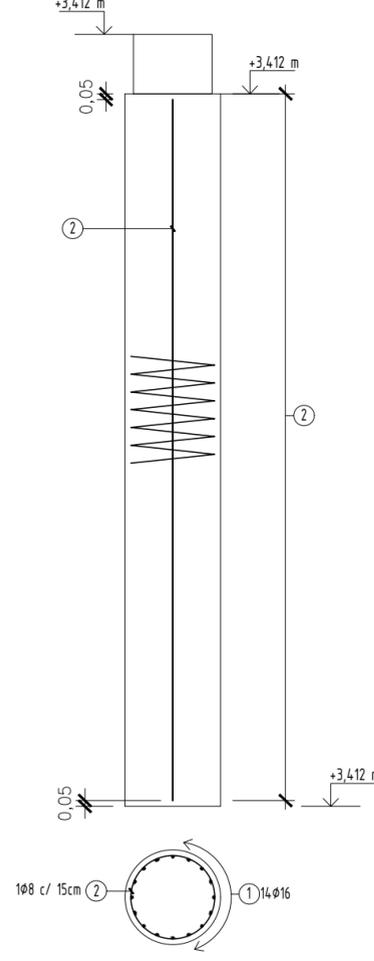
DETALLE TÍPICO BASES METÁLICAS DE PORTICO TÍPICO
ESCALA 1:50



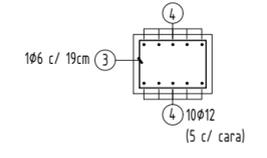
DETALLE TÍPICO MONOPILOTES
ESCALA 1:50



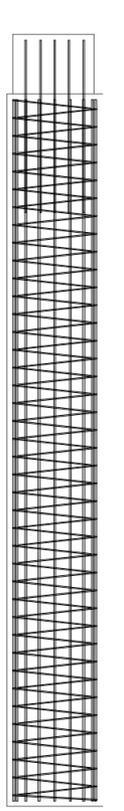
ESQUEMA ARMADURAS MONOPILOTES
ESCALA 1:50



ESQUEMA ARMADURAS FUSTES
ESCALA 1:50



ENCUENTRO DE ARMADURAS
ESCALA 150



- MATERIALES:
- HORMIGÓN H-30
 - ACERO ADN 420



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO IV
ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO
DEL AERÓDROMO DE RUFINO

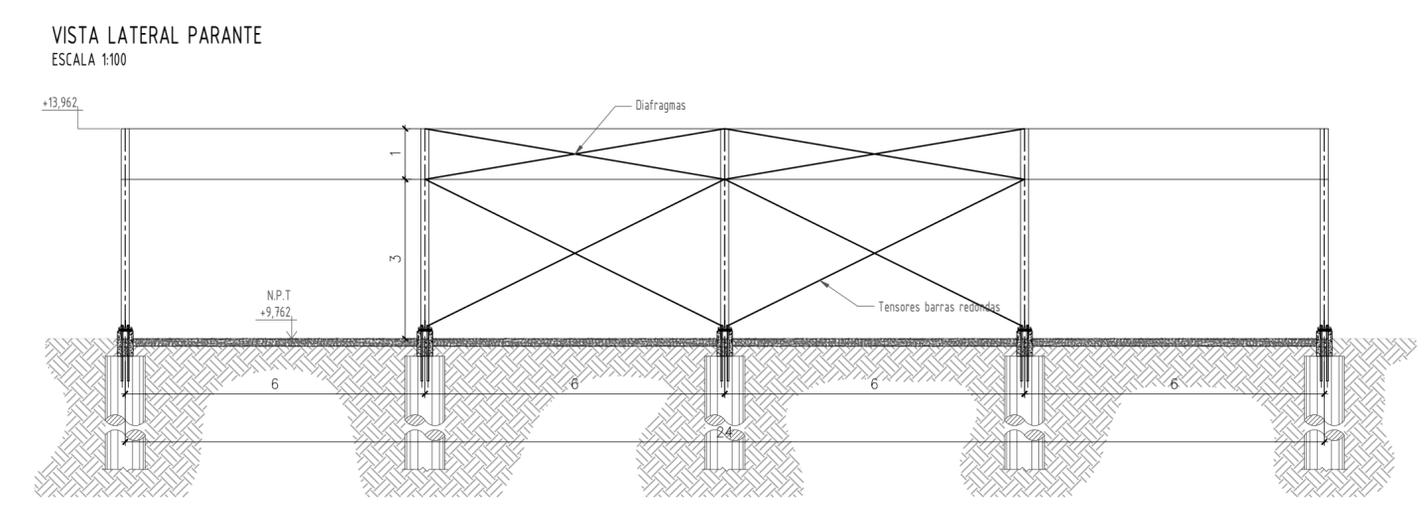
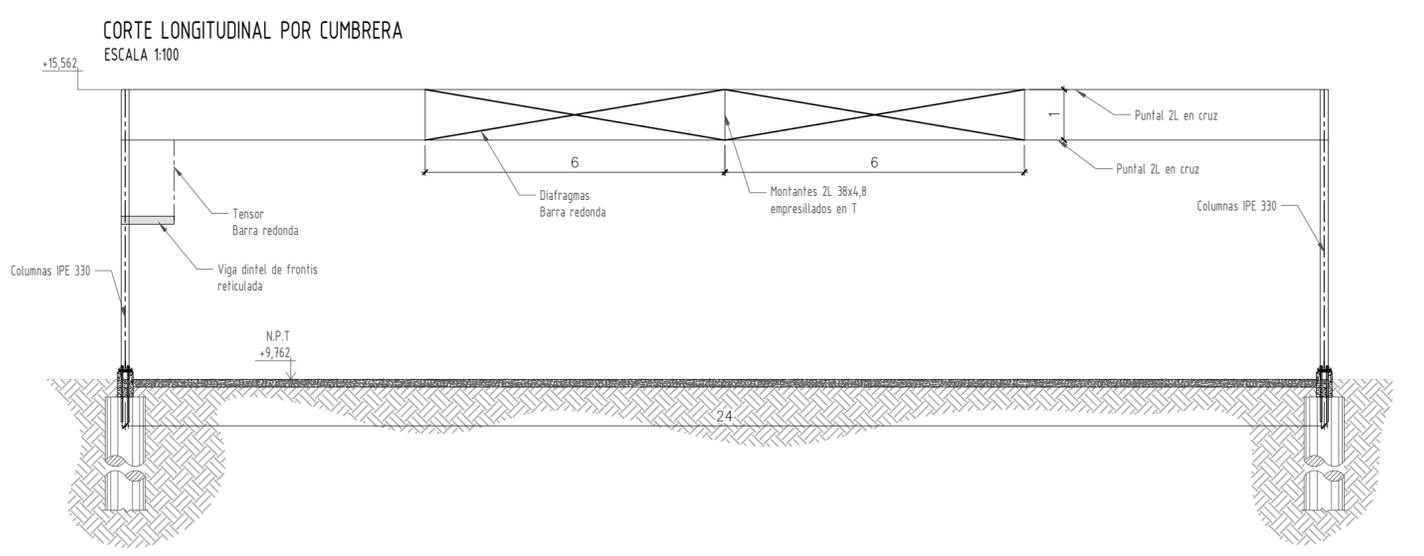
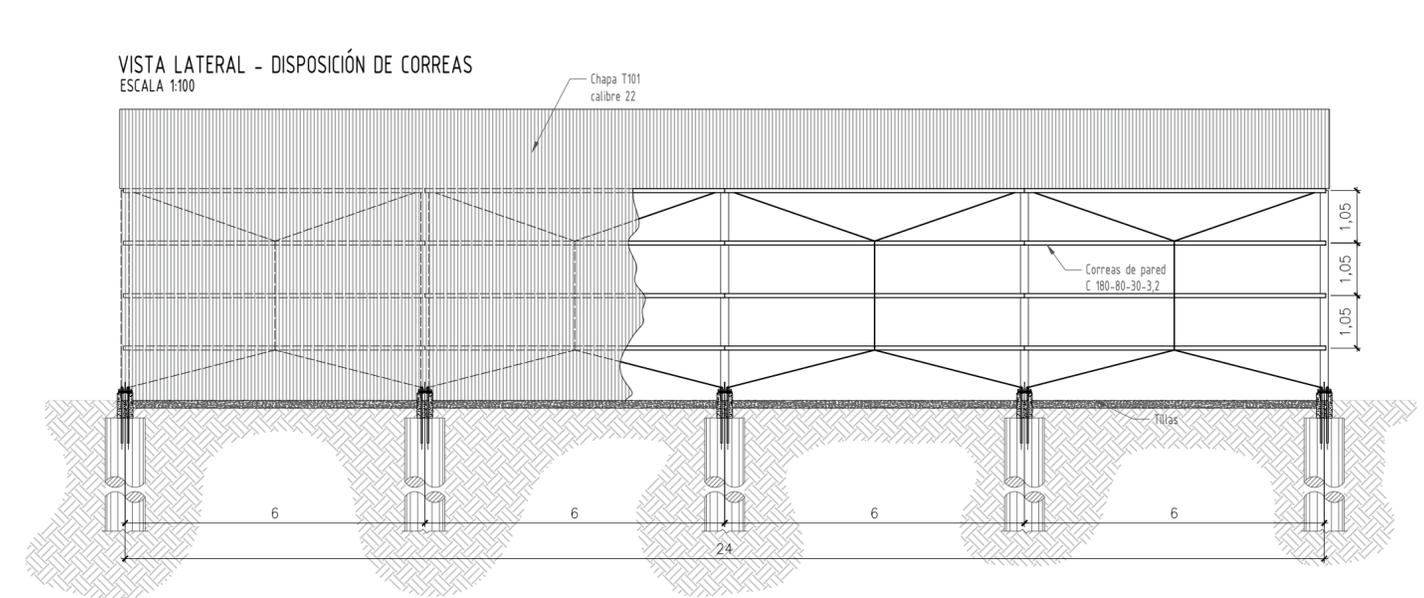
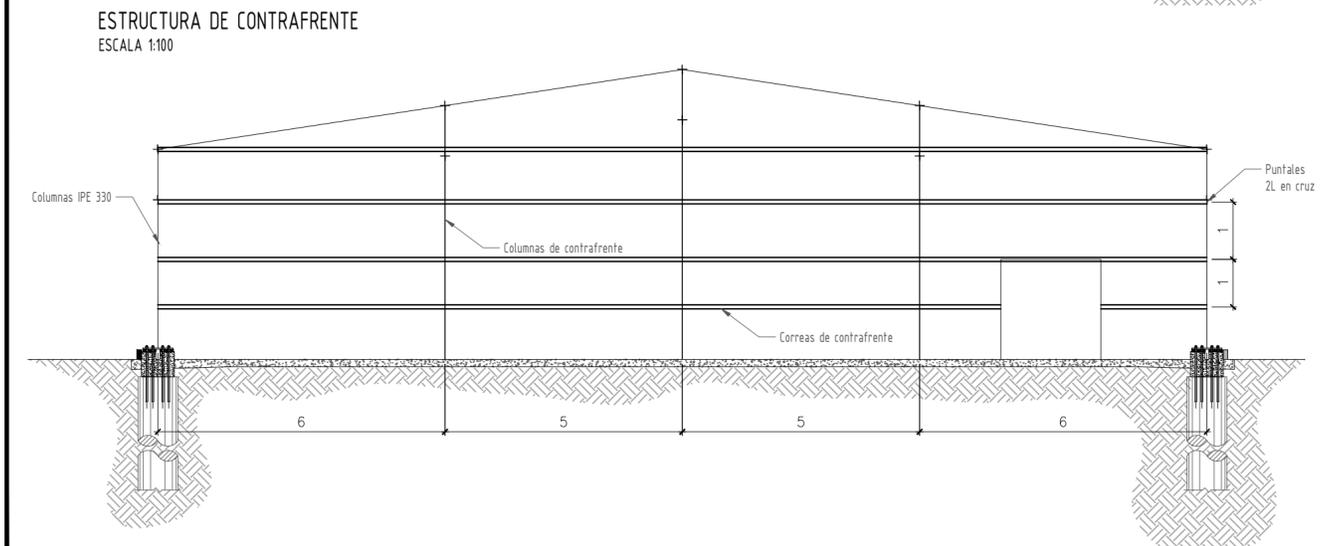
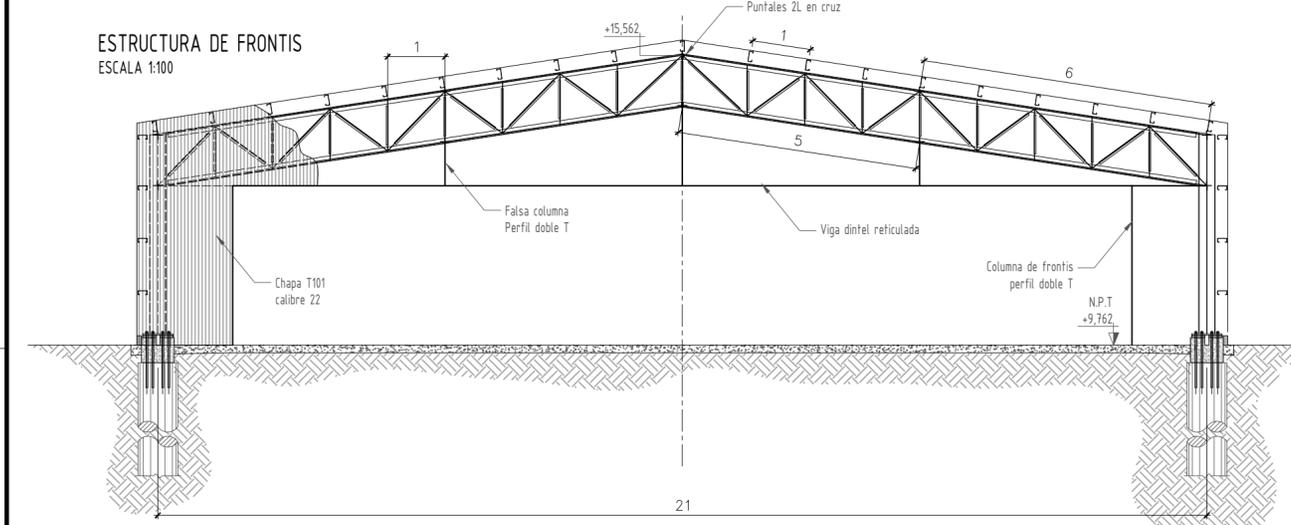
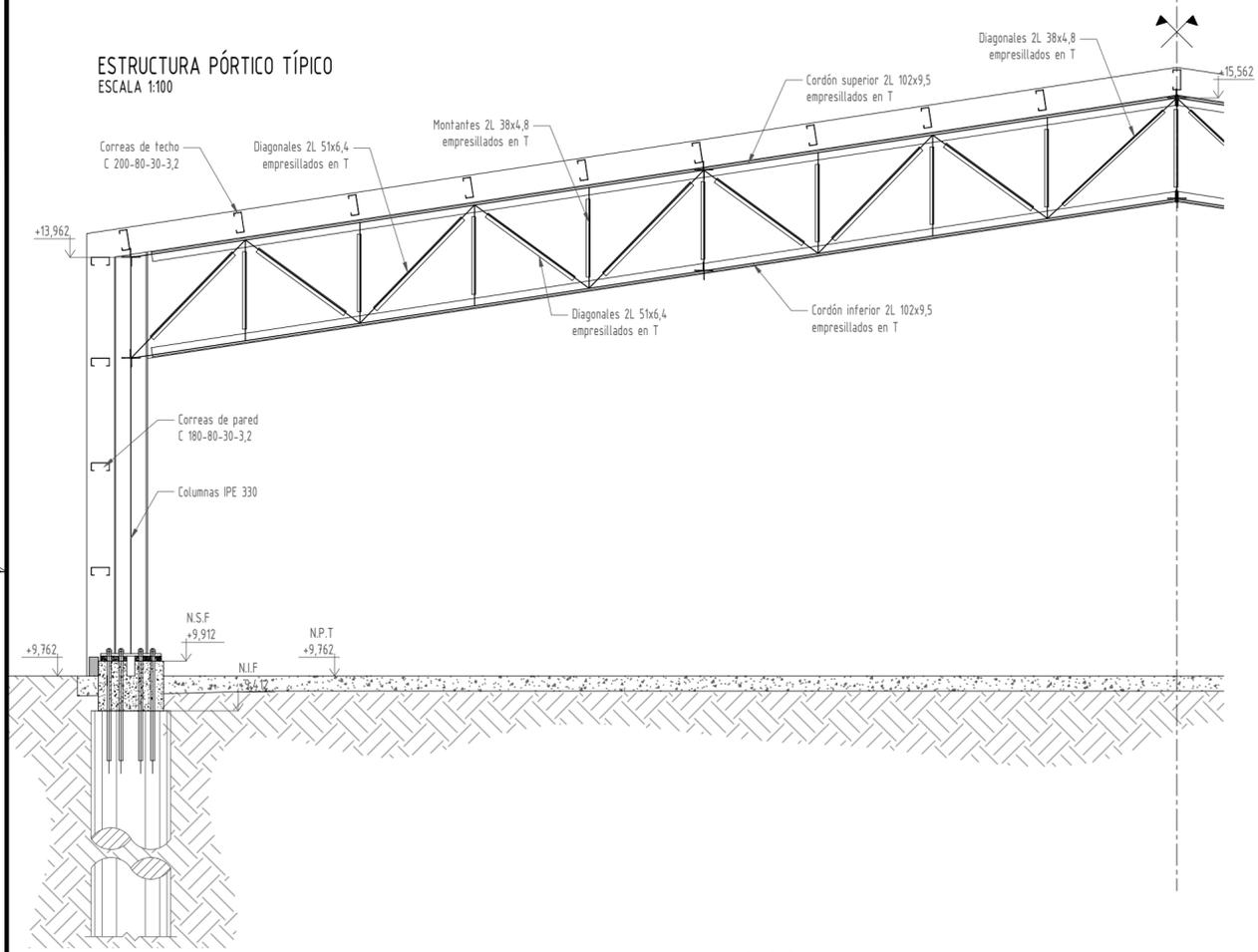
FECHA
16/08/2022

ESCALA
INDICADAS

REVISION
1

REPLANTEO DE PILOTES - DETALLE DE FUNDACIONES PÓRTICO TÍPICO

12 ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela



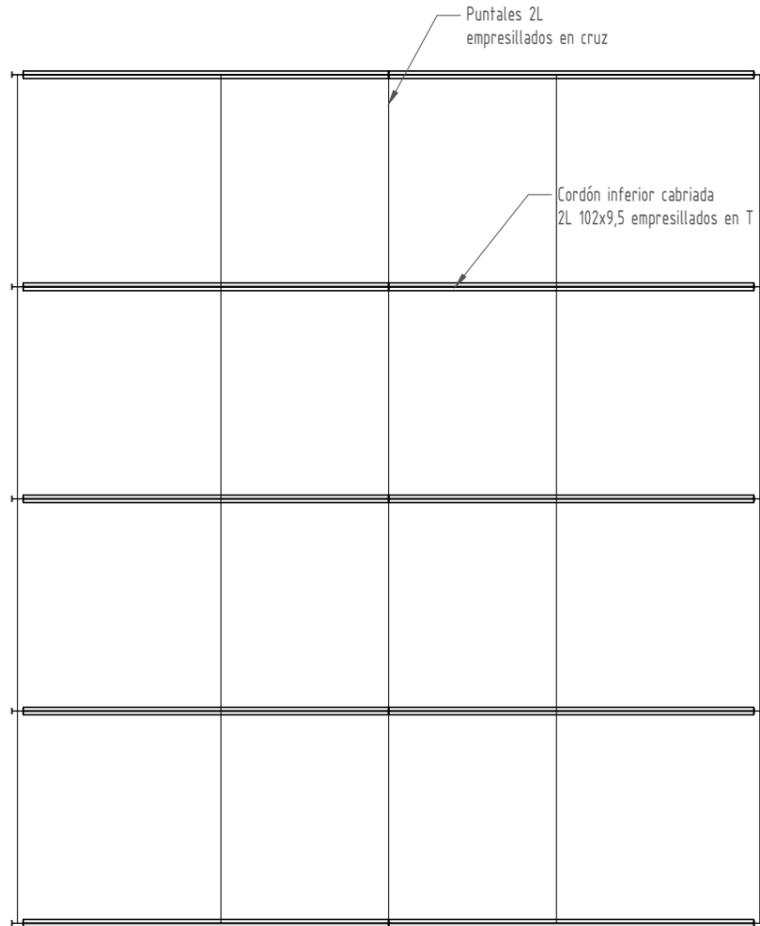
MATERIALES:
- HORMIGÓN H-30
- ACERO ADN 420

NOTA: NIVELES REFERIDOS AL NIVEL DE PISO TERMINADO
NOTA: NIVELES REFERIDOS A COTA CONOCIDA DEL AERÓDROMO

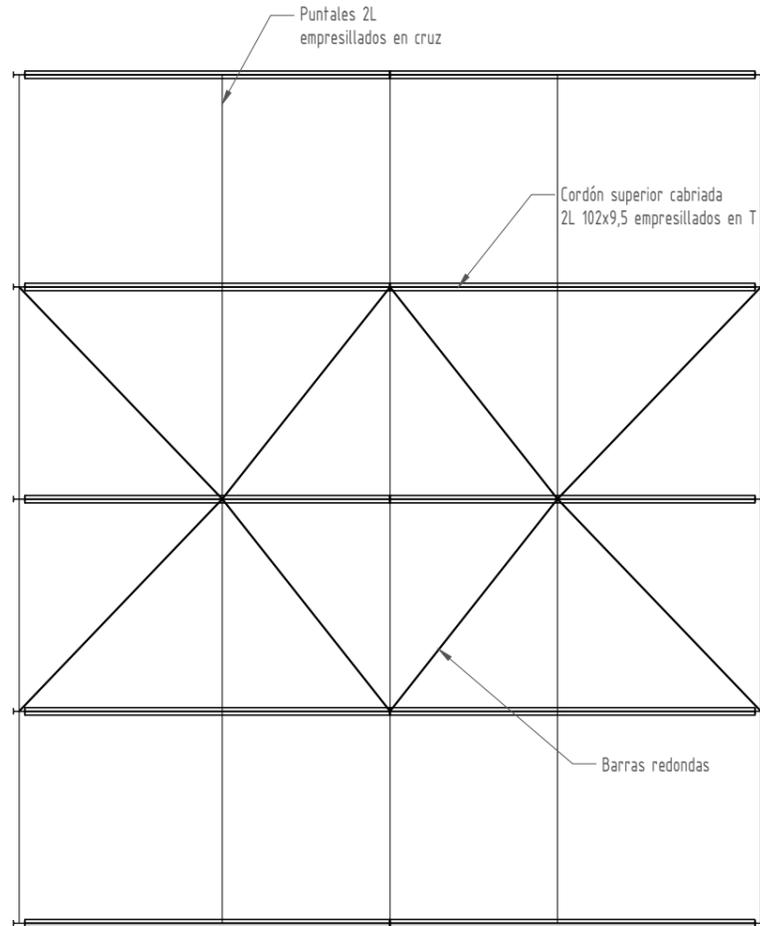
MEDIDAS EN METROS

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO IV ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO DEL HANGAR PROYECTADO	FECHA 16/08/2022 ESCALA 1:100 REVISION 1
13A	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	

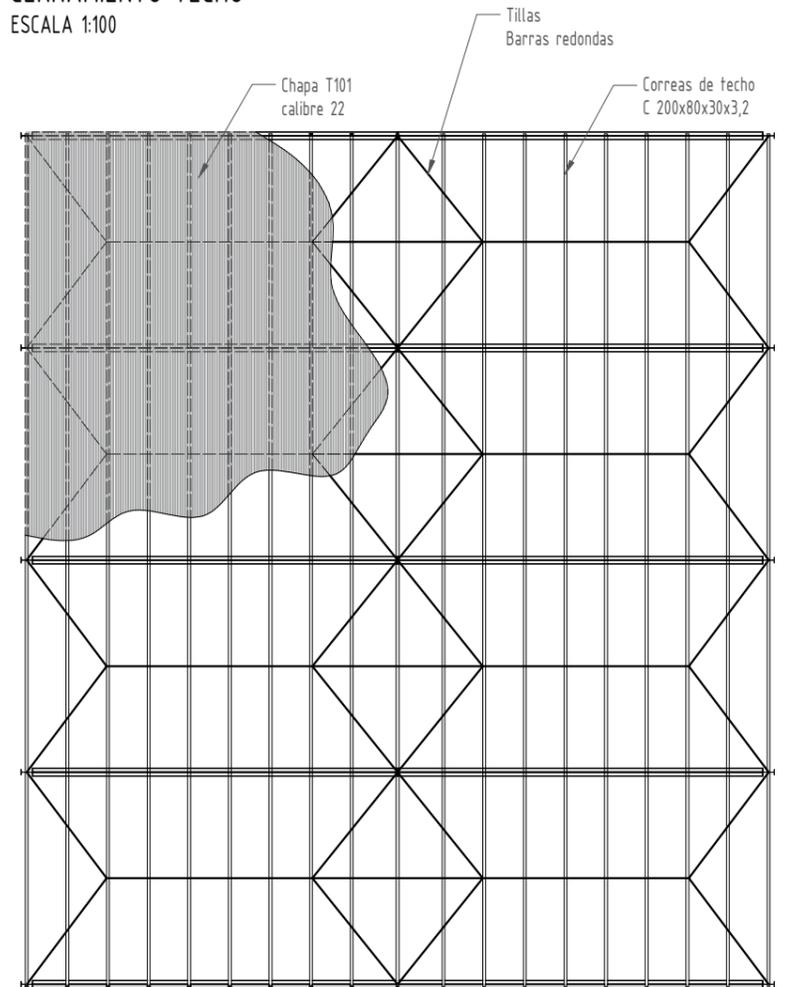
PLANTA CORDÓN INFERIOR
ESCALA 1:100



PLANTA CORDÓN SUPERIOR
ESCALA 1:100



CERRAMIENTO TECHO
ESCALA 1:100



 	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO IV	ORDENAMIENTO HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE RUFINO
ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO DEL HANGAR PROYECTADO		ESCALA 1:100
13B	ESTUDIANTES: ALONSO Micaela - ANTUÑA, Lucía - BAHKE, Martina - CAPOVILLA, Agustina - ORTIZ, Micaela	REVISION 1

8. ALTERNATIVA DE ORDENAMIENTO HIDRÁULICO DESCARTADA

Se presenta en primer lugar la propuesta de canalización en la Figura 14.8.1.

Se observa el emplazamiento de las cunetas proyectadas, con sus cruces materializados mediante alcantarillas, y las subcuencas de aporte definidas en función de dicha propuesta.

PLANTA AERODROMO

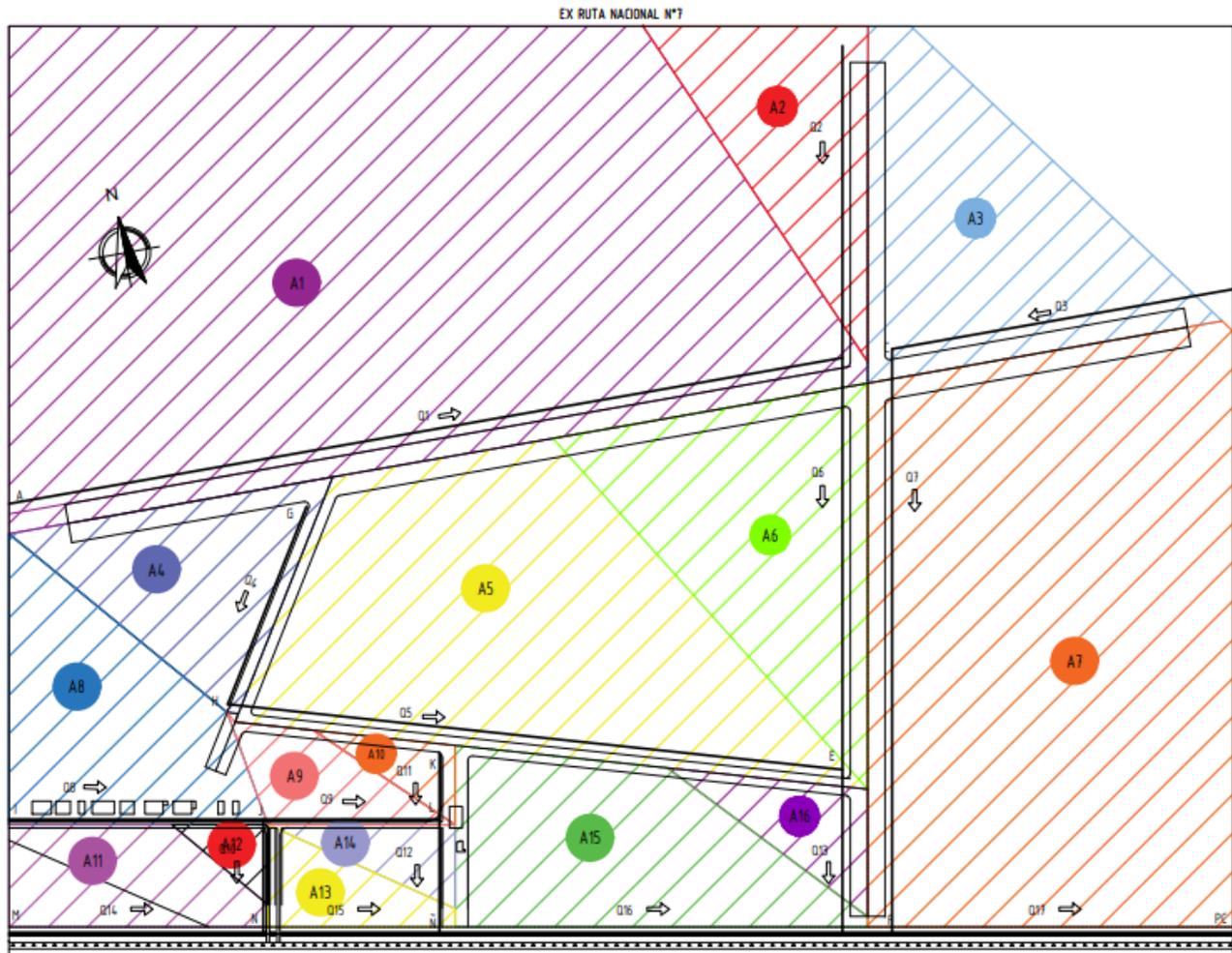


Figura 14.8.1 - Cunetas proyectadas y cuencas.

Se ha realizado un profundo análisis de esta alternativa. Partiendo de las limitaciones de cota en el punto de cierre de la cuenca y las tapadas mínimas de las alcantarillas, mediante el uso de pendientes mínimas de escurrimiento del 1 % y su necesaria modificación para el caso de tramos que confluyen, se definió la altimetría de las pistas y calles de rodaje. Como se explicó en el cuerpo del informe, se adoptó pendiente nula para las mismas, por lo que la cota de rasante resulta constante.

Se presentan las altimetrías de las pistas y calles de rodaje, de manera esquemática, en las Figuras 14.8.2 a 14.8.5.

ALTIMETRÍA PISTA 09-27
ESCALA 1:6000

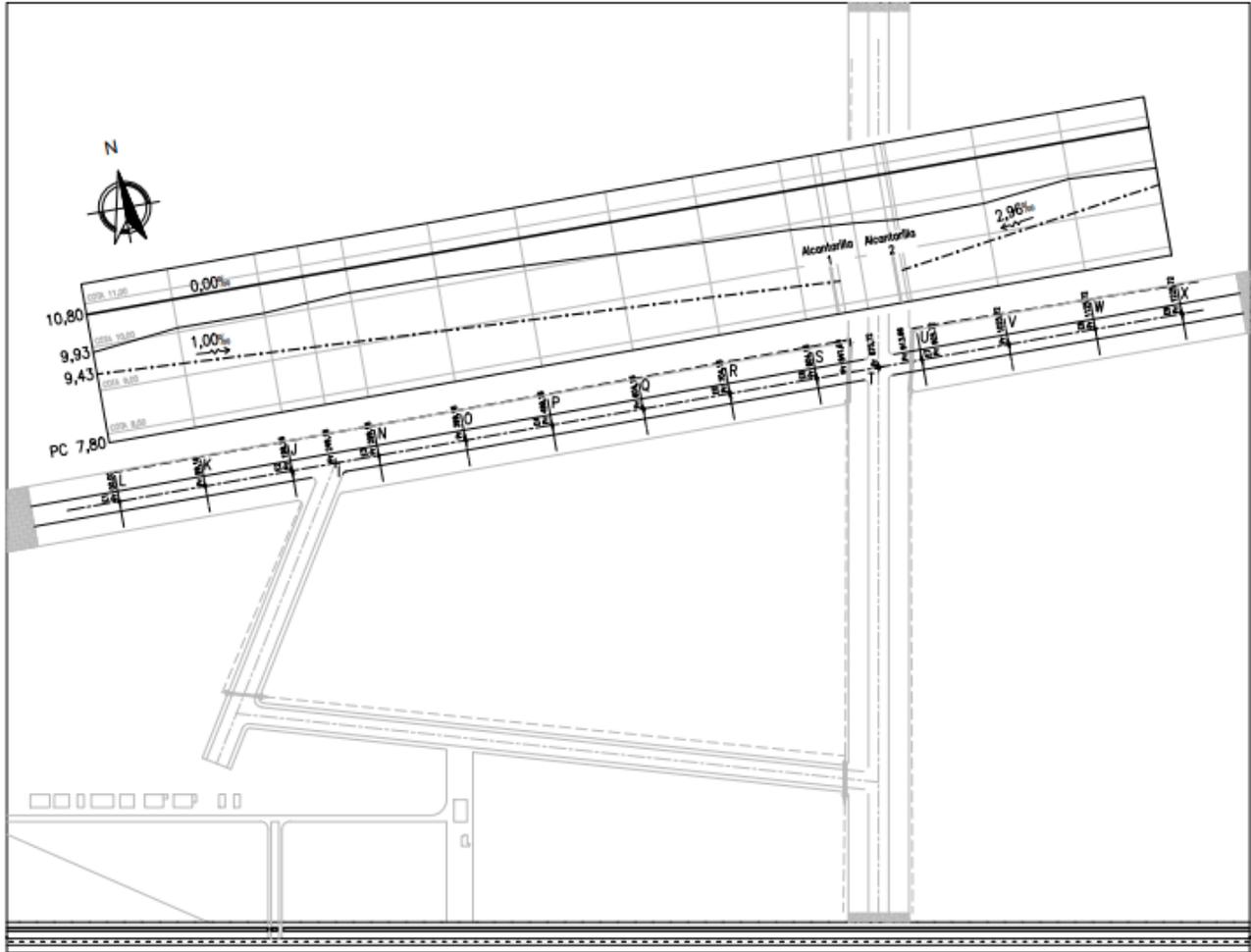


Figura 14.8.2 - Altimetría Pista 09-27.

ALTIMETRIA PISTA 01-19
ESCALA 1:6000

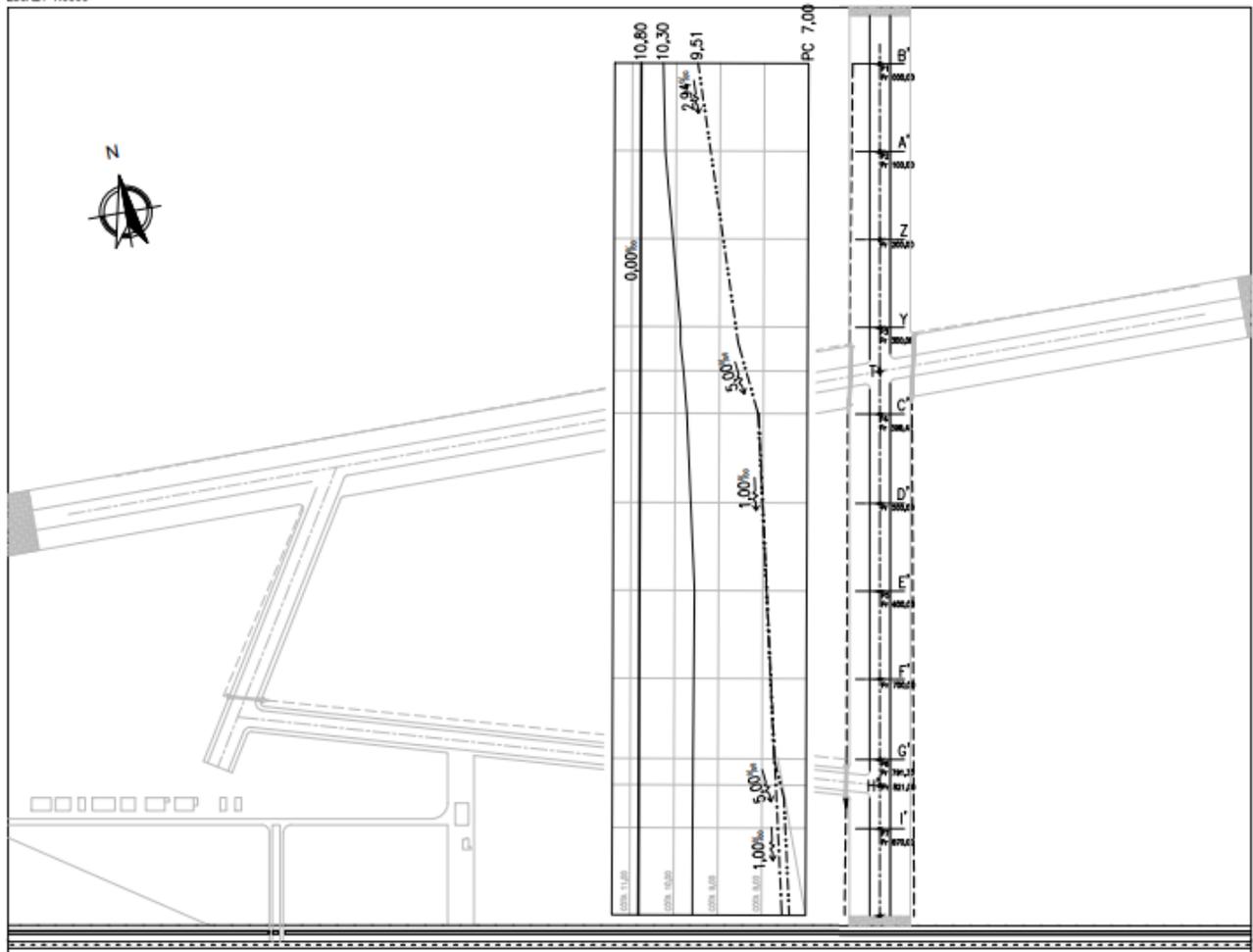


Figura 14.8.3 - Altimetría Pista 01-19.

ALTIMETRÍA CALLE DE RODAJE A PISTA 09-27
ESCALA 1:6000

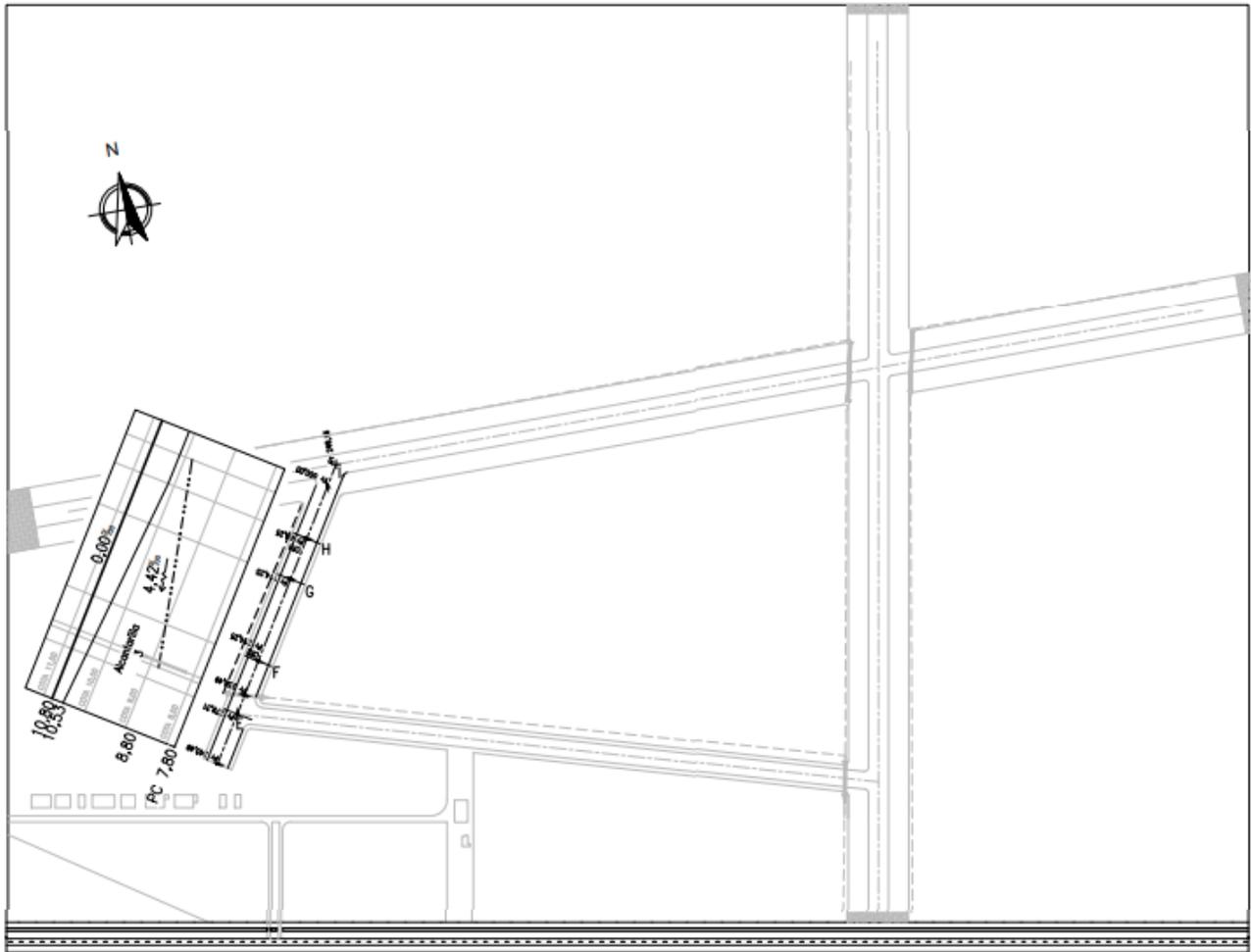


Figura 14.8.4 - Altimetría calle de rodaje a Pista 09-27.

ALTIMETRÍA CALLE DE RODAJE A PISTA 01-19
ESCALA 1:8000

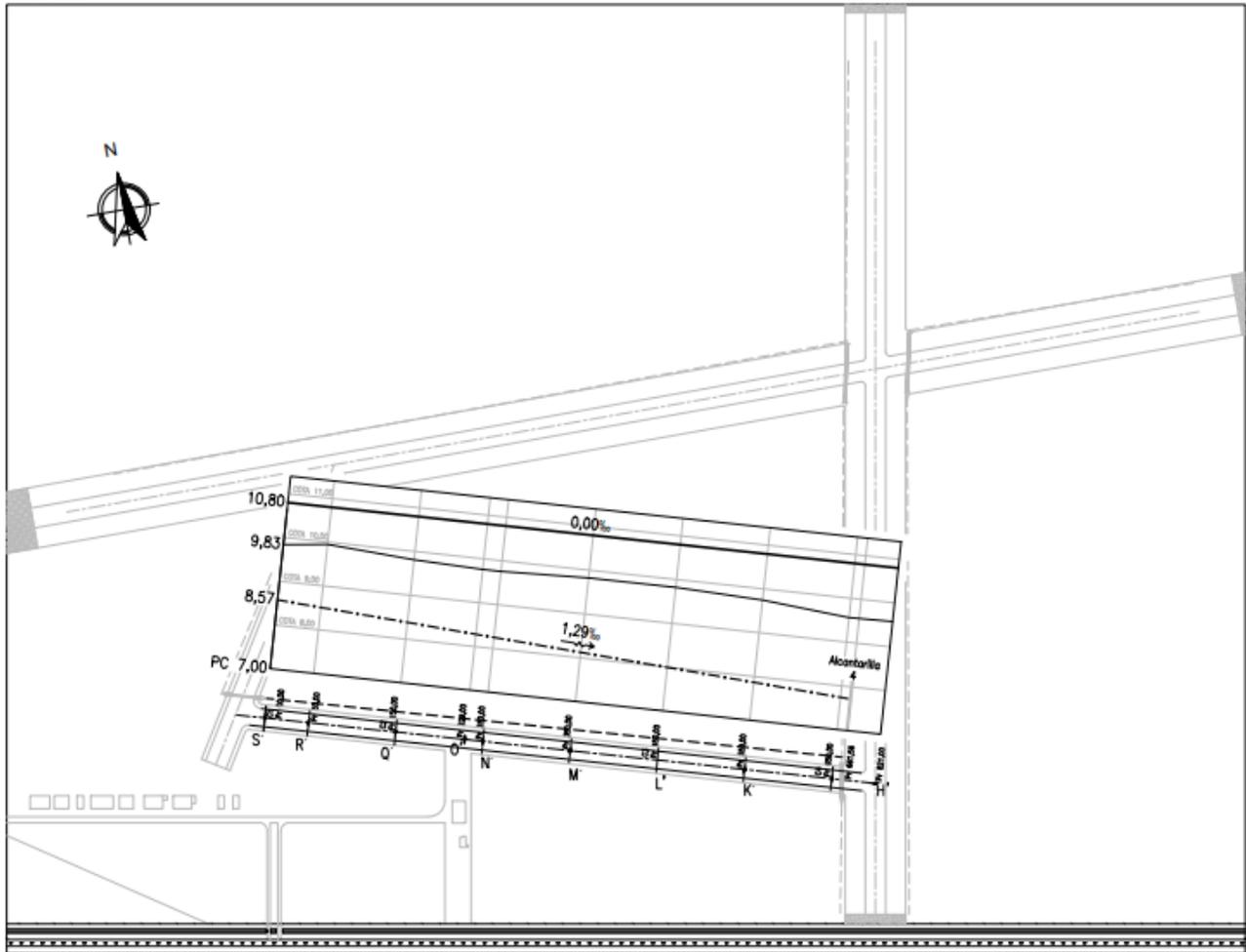


Figura 14.8.5 - Altimetría calle de rodaje a Pista 01-19.

En función de las referencias de la Figura 6 se observa que la rasante se encuentra siempre por encima del terreno natural, lo cual derivará en un movimiento de suelos importante (la rasante se encuentra limitada por las tapadas mínimas de las alcantarillas en esta alternativa).

REFERENCIAS	
—	Sección nivelada
---	Sección sobre la cual se ubicó el nivel para la nivelación (cota conocida en el eje)
---	Eje de las pistas
→→	Sentido de escurrimiento
1.00%	Pendiente
- · · -	Cuneta en altimetría a la derecha
- · · -	Cuneta en altimetría a la izquierda
—	Cunetas en planta

Figura 14.8.6 - Referencias.

Se adoptaron cunetas de suelo natural, con las siguientes pendientes:

- Talud: 1:4
- Contratalud: 1:1

En la Figura 14.8.7 se presentan esquemáticamente algunos perfiles transversales de la pista 01-19

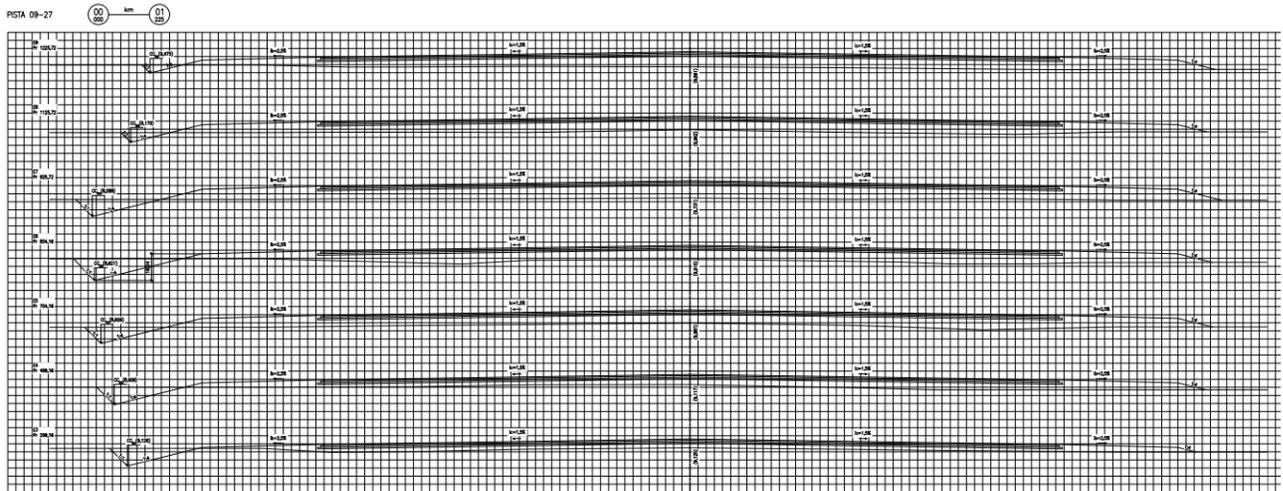


Figura 14.8.7 - Perfiles transversales.

A su vez también se presentan dos perfiles de desagüe de las alcantarillas de esta propuesta en la Figura 14.8.8.

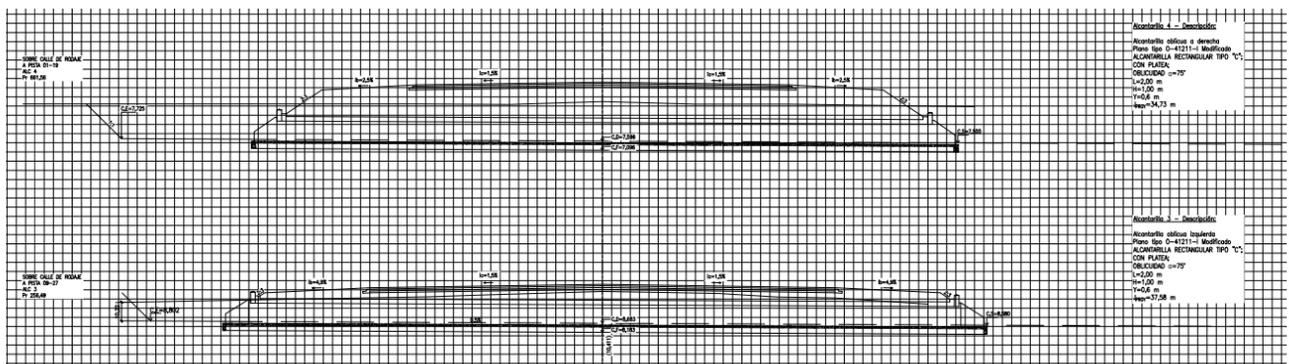


Figura 14.8.8 - Perfiles de desagüe.

Se han estudiado, también para esta alternativa, los caudales circulantes por cada tramo de las cunetas proyectadas, aplicando el método racional modificado, como se menciona en el apartado 5 del informe. En ningún caso los caudales han sobrepasado los máximos admisibles. El cálculo se puede observar en la tabla 1.

Tramo	AERoclub RUFINO												
	Tramos a proyectar												
	A-C	B-C	C-E	G-H	H-E	E-F	I-J	J-N	J-L	K-L	L-Ñ	D-C	C-F
Cuencas/Tramo aguas arriba			A1-A2		A4	A1-A2-A6-A4-A5		A8			A9-A10		A3
A * C aguas arriba [Ha]			12.55		1.26	20.34		1.60			0.64		2.36
TC aguas arriba [min]			93.10		32.71	96.00		18.22			18.30		37.81
Tramo en estudio													
Cuenca incorporada	A1	A2	A6	A4	A5	A16	A8	A12	A9	A10	A14	A3	A7
Área cuenca [Ha]	44.10	4.54	8.55	4.88	16.79	1.71	6.20	0.51	1.74	0.75	1.05	9.17	27.84
Cescorrentia	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258
A*C [Ha]	11.37	1.17	2.20	1.26	4.33	0.44	1.60	0.13	0.45	0.19	0.27	2.36	7.18
A*C total [Ha]	11.37	1.17	14.75	1.26	5.59	20.78	1.60	1.73	0.45	0.19	0.91	2.36	9.54
Long no encauzada [m]	462.39	176.45	134.94	98.27	409.45	51.15	57.58	42.90	101.19	44.10	39.68	138.00	168.36
Velocidad no encauzada [m/min]	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
TC mantiforme [min]	77.07	29.41	22.49	16.38	68.24	8.53	9.60	7.15	16.87	7.35	6.61	23.00	28.06
Circulación por cuneta en tramo	A-C	B-C	C-E	G-H	H-E	E-F	I-J	J-N	J-L	K-L	L-Ñ	D-C	C-F
Longitud en cuneta [m]	703.45	304.39	433.15	190.04	370.79	186.53	412.92	93.59	144.41	85.46	159.07	204.24	509.90
Pendiente	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
Material	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO
n Manning	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
Altura[m]	1.49	1.49	1.96	0.76	1.49	2.12	0.80	0.89	1.00	1.00	1.10	0.91	1.55
Pendiente m izq	1.00	4.00	4.00	4.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00	4.00	4.00	4.00	1.00
Pendiente m der	4.00	1.00	1.00	1.00	4.00	4.00	4.00	1.00	4.00	1.00	1.00	1.00	4.00
Área [m2]	5.52	5.52	9.64	1.46	5.53	11.27	1.58	1.99	2.50	2.50	3.02	2.06	6.04
Perímetro [m]	8.23	8.23	10.87	4.23	8.24	11.76	4.41	4.94	5.53	5.53	6.09	5.03	8.60
Radio Hidráulico [m]	0.67	0.67	0.89	0.35	0.67	0.96	0.36	0.40	0.45	0.45	0.50	0.41	0.70
Caudal admisible [m3/s]	8.36	8.36	17.59	1.42	8.38	21.67	1.58	2.15	2.90	2.90	3.75	2.25	9.42
Velocidad max cuneta [m/s]	1.51	1.51	1.82	0.97	1.52	1.92	1.00	1.08	1.16	1.16	1.24	1.09	1.56
Vel. adm/vel max cuneta [m/s]	2.52	2.52	3.04	1.62	2.53	3.20	1.67	1.80	1.94	1.94	2.07	1.82	2.60
TC en cuneta [min]	7.74	3.35	3.96	3.26	4.08	1.62	6.89	1.45	2.07	1.22	2.14	3.12	5.45
TC cuenca [min]	84.81	32.76	26.45	19.63	72.32	10.14	16.48	8.60	18.93	8.57	8.75	26.12	33.51
TC total [min]	84.81	32.76	93.10	19.63	72.32	96.00	16.48	18.22	18.93	8.57	18.30	26.12	37.81
Duración min [min]	84.81	32.76	93.10	19.63	72.32	96.00	16.48	18.22	18.93	10.00	18.30	26.12	37.81
Intensidad [mm/h]	38.52	75.58	35.87	102.70	43.44	35.03	112.75	106.95	104.76	142.11	106.72	87.07	68.81
Caudal [m3/s]	1.22	0.25	1.47	0.36	0.67	2.02	0.50	0.51	0.13	0.08	0.27	0.57	1.82
Nomenclatura	Q1	Q2	Q6	Q4	Q5	Q13	Q8	Q10	Q9	Q11	Q12	Q3	Q7
Q adm / Q lluvia	687%	3396%	1197%	396%	1243%	1071%	316%	417%	2225%	3793%	1385%	393%	516%
Circulación por cuneta en tramo siguiente	C-E	C-E	E-F	H-E	E-F	F-PC	J-N	N-Ñ	L-Ñ	L-Ñ	Ñ-F	C-F	F-PC
Longitud en cuneta [m]	458.53	458.53	159.82	722.72	159.82	441.83	96.18	203.39	100.25	100.25	470.98	645.8	441.83
Pendiente	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%
Material	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO
n Manning	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
Altura[m]	1.49	1.49	1.96	0.76	1.49	2.12	0.80	0.89	1.00	1.00	1.10	0.91	1.55
Pendiente m izq	1.00	4.00	4.00	4.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00	4.00	4.00	4.00	1.00
Pendiente m der	4.00	1.00	1.00	1.00	4.00	4.00	4.00	1.00	4.00	1.00	1.00	1.00	4.00
Área [m2]	3.71	3.71	4.91	1.91	3.72	5.31	1.99	2.23	2.50	2.50	2.75	2.27	3.88
Perímetro [m]	8.23	8.23	10.87	4.23	8.24	11.76	4.41	4.94	5.53	5.53	6.09	5.03	8.60
Radio Hidráulico [m]	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Caudal admisible [m3/s]	3.42	3.42	4.52	1.76	3.42	4.89	1.83	2.05	2.30	2.30	2.53	2.09	3.58
Velocidad max cuneta [m/s]	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Velocidad adm/vel max cuneta [m/s]	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26
TC en cuneta [min]	8.30	8.30	2.89	13.08	2.89	8.00	1.74	3.68	1.81	1.81	8.52	11.69	8.00
TC tramo siguiente [min]	93.10	41.06	96.00	32.71	75.21	103.99	18.22	21.91	18.30	10.39	26.82	37.81	45.80

Tabla 14.8.1 - Cálculo de caudales.

No se ha podido realizar compensación longitudinal de suelos, pues hay una necesidad de préstamos en toda la continuidad de las pistas y calles de rodaje. Esto se puede observar en la tabla 2 y visualizar aún mejor en los diagramas de área de las figuras 9 y 10.

PLANILLA MOVIMIENTO DE SUELOS		
DATOS		
Coefficiente de compactación	0.85	
Limpieza del terreno	0.1	m
Compactación base de asiento terraplén	0.05	m
Distancia común de transporte	1	Hm

PISTA 09-27															
Progresivas (m)	Distancias entre perfiles (m)	Áreas (m ²)										Volúmenes (m ³)			
		Desmante					Terraplén					Desmante reducido medio(+)	Terraplén medio(-)	Vd [m ³]	Vt [m ³]
		Desmante	Limpieza	Paquete estructural	Total desmante	Total Desmante reducido [m ²]	Terraplén	Limpieza	Compactación base de asiento	Paquete estructural	Total Terraplén Neto [m ²]				
0		157.41	3.94	0	153.47	1.30	3909.47	61.76	30.91	1249.33	27.53	1.41	26.32	279.86	5240.93
199.16	199.16	181.39	4.23	0	177.16	1.51	3665.53	62.66	31.36	1249.33	25.10	1.99	20.32	199.40	2032.33
299.16	100	297.44	5.43	0	292.01	2.48	2711.61	61.42	30.74	1249.33	15.54	2.46	18.96	492.59	3791.07
499.16	200	292.9	5.39	0	287.51	2.44	3391.7	62.82	31.44	1249.33	22.37	2.26	28.93	463.68	5931.66
704.16	205	249.66	4.97	0	244.69	2.08	4703.05	64.41	32.23	1249.33	35.50	2.93	35.18	292.66	3518.31
804.16	100	450.62	6.69	0	443.93	3.77	4640.41	63.43	31.75	1249.33	34.86	3.07	39.13	372.76	4756.99
925.72	121.56	282.89	5.29	0	277.6	2.36	5491.79	65.21	32.64	1249.33	43.40	1.55	39.01	310.80	7801.14
1125.72	200	91.04	2.99	0	88.05	0.75	4614.46	63.78	31.92	1249.33	34.61	0.62	34.22	61.85	3422.10
1225.72	100	59.9	2.42	0	57.48	0.49	4537.32	63.56	31.81	1249.33	33.83				

PISTA 01-19															
Progresivas (m)	Distancias entre perfiles (m)	Áreas (m ²)										Volúmenes (m ³)			
		Desmante					Terraplén					Desmante reducido medio(+)	Terraplén medio(-)	Vd [m ³]	Vt [m ³]
		Desmante	Limpieza	Paquete estructural	Total desmante	Total Desmante reducido [m ²]	Terraplén	Limpieza	Compactación base de asiento	Paquete estructural	Total Terraplén Neto [m ²]				
0		89.22	2.96	0	86.26	0.73	2154.49	56.42	28.24	1112.01	11.27	1.15	11.60	115.15	1159.99
100	100	189.01	4.32	0	184.69	1.57	2220.39	56.28	28.17	1112.01	11.93	2.11	22.35	421.76	4469.15
300	200	317.11	5.61	0	311.5	2.65	4299.26	59.36	29.71	1112.01	32.76	2.78	32.76	52.46	618.24
318.87	18.87	348.54	5.88	0	342.66	2.91	4299.26	59.36	29.71	1112.01	32.76	7.26	34.50	577.45	2744.40
398.42	79.55	1381.82	16.49	0	1365.33	11.61	4646.33	59.42	29.74	1112.01	36.23	11.00	44.34	2217.35	8938.34
600	201.58	1238.54	15.67	0	1222.87	10.39	6264.42	61.57	30.82	1112.01	52.45	12.12	50.81	2317.99	9719.33
791.3	191.3	1646.29	18.09	0	1628.2	13.84	5936.61	61.28	30.67	1112.01	49.17	15.64	50.26	1230.49	3955.09
870	78.7	2070.71	20.05	0	2050.66	17.43	6154.73	61.17	30.61	1112.01	51.35	16.40	53.29	1623.90	5276.69
969.02	99.02	1826.96	18.86	0	1808.1	15.37	6542.54	61.84	30.95	1112.01	55.23				

CALLE DE RODAJE (que va a 01-19)															
Progresivas (m)	Distancias entre perfiles (m)	Áreas (m ²)										Volúmenes (m ³)			
		Desmante					Terraplén					Desmante reducido medio(+)	Terraplén medio(-)	Vd [m ³]	Vt [m ³]
		Desmante	Limpieza	Paquete estructural	Total desmante	Total Desmante reducido [m ²]	Terraplén	Limpieza	Compactación base de asiento	Paquete estructural	Total Terraplén Neto [m ²]				
0		475.36	6.92	0	468.44	3.98	2321.11	33.56	16.81	561.95	18.10	3.28	22.57	492.69	3386.04
150	150	310.09	5.68	0	304.41	2.59	3211.97	36.76	18.41	561.95	27.05	3.98	25.41	1192.80	7624.44
450	300	639.23	8.11	0	631.12	5.36	2886.41	35.52	17.79	561.95	23.78	6.78	26.42	1356.27	5284.20
650	200	974.23	9.74	0	964.49	8.20	3413.78	36.38	18.22	561.95	29.06	4.10	14.53	-2664.40	-9445.90

CALLE DE RODAJE (que va a 09-27)															
Progresivas (m)	Distancias entre perfiles (m)	Áreas (m2)										Volúmenes (m3)			
		Desmote					Terraplén								
		Desmote	Limpieza	Paquete estructural	Total desmote	Total Desmote reducido [m2]	Terraplén	Limpieza	Compactación base de asiento	Paquete estructural	Total Terraplén Neto [m2]	Desmote reducido medio(+)	Terraplén medio(-)	Vd [m3]	Vt [m3]
64.25		8.82	0.93	0	7.89	0.07	3130.54	42.6	21.33	699.5	24.95	0.83	19.59	125.01	2938.29
214.25	150	192.7	4.5	0	188.2	1.60	2061.81	40.27	20.17	699.5	14.23	0.80	7.11	-171.37	-1524.12

Tabla 14.8.2 - Movimiento de suelos.

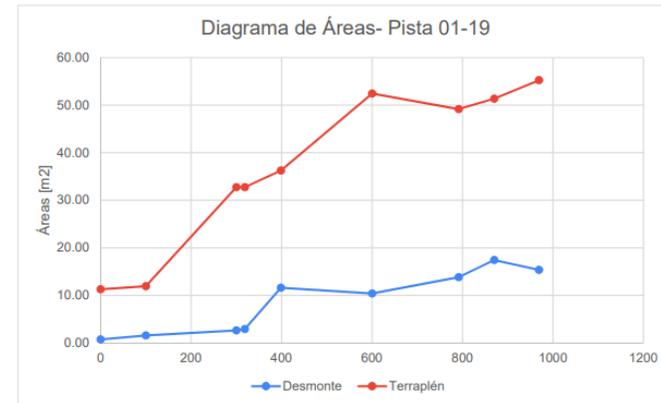
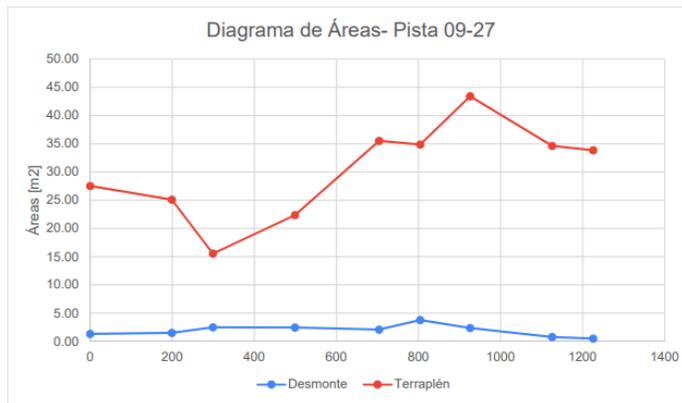


Figura 14.8.9 - Diagrama de áreas pistas.

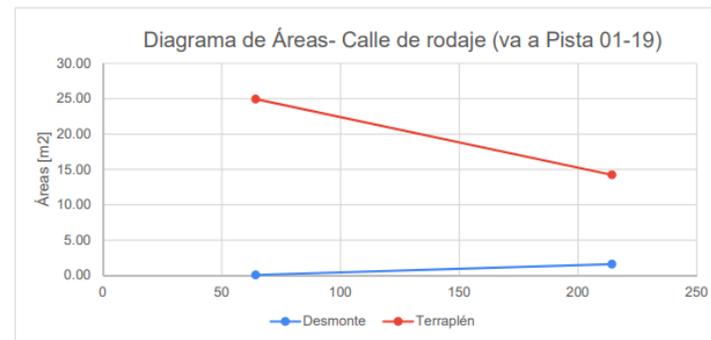
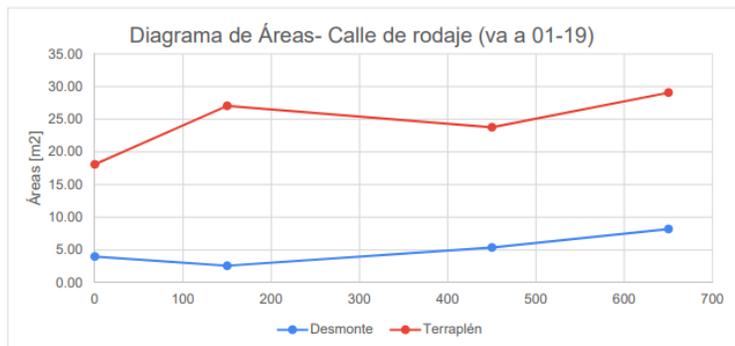


Figura 14.8.10 - Diagrama de áreas calles de rodaje.