

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES



PRÁCTICA SUPERVISADA  
**PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD PARA EL LOTEO**  
“ALTO MOLVENTO”

AUTOR: Felippa, Marcos Ezequiel  
TUTOR: Ing. Corral, Mariano  
SUPERVISOR: Ing. Aiassa, Bruno

AÑO 2017

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar agradecer a mis padres, Adolfo y Ana, por haber hecho el esfuerzo durante todos estos años para darme la posibilidad de llegar a donde hoy estoy. Por el apoyo incondicional y marcarme, con su ejemplo, el camino para nunca bajar los brazos, a pesar de la distancia. Por el amor que nos brindan día a día a mí y a mis hermanos. A ellos dos, gracias.*

*A Micaela y Mateo, mis hermanos, por estar siempre apoyándome, dándome consejos y brindándome ayuda cuando más los necesité. Por el amor de hermanos, único e inquebrantable.*

*A mi abuela, María Blanca, por el amor, los consejos y el apoyo incondicional. Por haberme esperado con la cena lista esas noches de invierno, luego de jornadas interminables de trabajo y estudio.*

*A Coki, mi compañera de vida, por el amor y la sonrisa de todos los días. Por haberme acompañado en el tramo final de esta etapa y aguantar mi mal humor esos días complicados.*

*Al resto de mi familia, por haberme aconsejado y apoyado a lo largo de todos estos años. Por haber sabido entender cuando no asistía a reuniones familiares, rechazaba invitaciones o pasaba tiempo sin visitarlos.*

*A mis amigos, por haber sabido entender cuando no podía verlos, cuando rechazaba salidas o juntadas. Por la amistad incondicional y los momentos compartidos.*

*A mis amigos y compañeros de la facultad, por la buena onda, los eternos días de estudio y el apoyo mutuo que nos brindamos. Por haberme aguantado los días de mal humor y haberme aconsejado cuando lo necesité.*

*A mi tutor interno, Ing. Mariano Corral, a mi supervisor, Ing. Bruno Aiassa y a mi colega el Ing. Augusto Barraud, por haberme acompañado en el desarrollo de esta práctica, por todos sus consejos, sus experiencias y conocimientos.*

*A Gustavo Vanoli y todo el grupo que conforma Vanoli & Asociados Ingeniería S.R.L. por brindarme la oportunidad de realizar esta práctica supervisada y tener esta saludable experiencia laboral. Por haberme recibido con las puertas abiertas, incluirme, involucrarme, y haberme hecho sentir uno más desde el primer momento. Por su ayuda, consejos y críticas en el desarrollo de este trabajo.*

*A aquellos que pasaron por mi vida a lo largo de estos años y que de alguna u otra manera aportaron su granito de arena para que hoy llegue a donde estoy.*

*A todos ellos, de todo corazón, gracias.*

**NOMBRE:** Marcos Ezequiel Felippa

**PLAN:** 2005

**MATRICULA:** 37126377

**TITULO DEL TRABAJO:** "Proyecto de Drenaje y Vialidad para el Loteo Alto Molvento"

**AÑO LECTIVO:** 2017

**TUTOR EXTERNO:** Ing. Corral Mariano A.

**TUTOR INTERNO:** Ing. Aiassa Bruno

### **RESUMEN DEL INFORME TÉCNICO FINAL**

El desarrollo urbanístico "Alto Molvento" será un emprendimiento inmobiliario destinado a la construcción de viviendas familiares, que además buscará integrar la vida diaria de las personas que allí residen con la naturaleza, incorporando al proyecto zonas destinadas para la producción de diversas especies florales, como así también, granjas para el cuidado de animales, entre otras propuestas.

Se emplazará al sur de la localidad de Villa Los Molinos sobre la Ruta Provincial N°5, dentro del departamento Calamuchita de la Provincia de Córdoba.

El emprendimiento comprende una superficie aproximada de 273 Has, en las cuales se prevé la ejecución de 150 lotes con superficies de entre 2000 y 5000 m<sup>2</sup>, destinados a la construcción de viviendas familiares, en tanto que la superficie restante se divide en diversos sectores de: Espacios Verdes, Granja, Áreas de Cultivo, Vivero, Invernadero, Áreas de Reserva, etc., entre otros espacios.

Los terrenos donde se ejecutará dicho proyecto se encuentran ubicados sobre la ladera occidental del cordón Montañoso denominado "Sierras Chicas", en la costa oeste del embalse Los Molinos. En la actualidad la zona presenta un uso de suelo rural, por lo cual el impacto que generará el cambio de dicho uso hacia uno residencial implicará un aumento en el caudal y volumen de excedentes pluviales que escurren superficialmente, hecho que se da a causa de la impermeabilización que sufre el suelo luego de la consolidación de la urbanización, con todo lo que ello implica, como ser la apertura de calles, los espacios comunes, las viviendas, etc.

Según lo expuesto anteriormente y con el objetivo de atenuar los efectos que generaría el aumento de las escorrentías aguas abajo del emprendimiento, deberá ser proyectado un adecuado sistema de manejo y regulación de excedentes, es decir, un "Proyecto de Drenaje". Así se buscará restituir el funcionamiento actual (estado natural) de dichos escurrimientos.

Es entonces, en este contexto, en el que se desarrollará el estudio hidrológico de la zona de estudio, donde se emplazará el loteo. Dicho esto, el diseño del Proyecto de Drenaje estará basado en la modelación hidrológica de las cuencas de aporte en dos escenarios o situaciones; por un lado, se plantea el *Escenario Actual*, es decir el medio natural, sin haber

recibido intervención antrópica alguna, y por otro lado el *Escenario Futuro*, el cual se presentará una vez finalizado el emprendimiento urbano. De la comparación de los resultados obtenidos en ambas simulaciones, surgirá entonces el diseño del sistema de conducción y regulación de excesos pluviales que componen el sistema de drenaje. Una vez diseñado dicho sistema se proseguirá a la modelación del *Escenario Regulado*, el cual permitirá la evaluación del comportamiento de sistema de regulación, como parte de la solución propuesta ante el problema de los volúmenes hídricos excedentes.

Por otro lado, el Proyecto de Vialidad Interna, tiene como objetivo principal el diseño planialtimétricas de las calles que componen el emprendimiento inmobiliario, las cuales no solo cumplirán la función de movilidad interna para los vehículos, sino que también son ellas quienes permitirán conducir, en forma superficial, los excedentes hacia las obras de drenaje proyectadas. Cabe destacar, que también se definirán perfiles tipo, geométricos y estructurales de dichas calles y el diseño de las intersecciones de las mismas.

## ÍDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 MARCO DE REFERENCIA DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA ....	2
1.2 PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....	2
1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES.....	2
1.3.1 Objetivos Técnicos.....	3
1.3.2 Objetivos Personales .....	3
1.4 METODOLOGÍA.....	3
1.4.1 Etapa Preliminar .....	4
1.4.2 Estudio Hidrológico .....	4
1.4.3 Proyecto de Obras de Drenaje.....	5
1.4.4 Proyecto Vialidad Interna .....	5
1.4.5 Elaboración de Documentación .....	5
<b>CAPÍTULO 2: ETAPA PRELIMINAR .....</b>	<b>6</b>
2.1 GENERALIDADES.....	7
2.2 TAREAS DE CAMPO.....	7
2.3 TAREAS DE GABINETE .....	14
<b>CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>15</b>
3.1 UBICACIÓN .....	16
3.2 MEDIO NATURAL.....	17
3.2.1 Suelos.....	17
3.2.2 Clima .....	26
<b>CAPÍTULO 4: IMPACTOS DE CAMBIOS EN LOS USOS DE SUELO .....</b>	<b>31</b>
4.1 GENERALIDADES.....	32
4.2 IMPACTO DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS.....	32
4.3 IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN .....	33
4.4 INUNDACIONES URBANAS.....	36
4.4.1 Generalidades .....	36
4.4.2 Tipo de Inundaciones.....	37
4.4.3 Medidas para la reducción del riesgo de inundaciones urbanas .....	38
4.4.4 Macrodrenaje y Microdrenaje.....	41
<b>CAPÍTULO 5: LOTEO "ALTO MOLVENTO" .....</b>	<b>43</b>
5.1 GENERALIDADES.....	44
<b>CAPÍTULO 6: ESTUDIO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>47</b>

6.1 GENERALIDADES .....	48
6.2 DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS DE APORTE.....	48
6.3 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS. ....	50
6.3.1 Área de Drenaje.....	51
6.3.2 Pendiente del Cauce Principal .....	51
6.3.3 Longitud de la Cuenca .....	51
6.4 TORMENTA DE DISEÑO.....	52
6.4.1 Periodo de Retorno (TR).....	54
6.4.2 Duración (d) .....	55
6.4.3 Lámina Total Precipitada .....	58
6.4.4 Distribución Temporal .....	59
6.4.5 Distribución Espacial.....	60
6.4.6 Lámina Efectiva o Lluvia Neta. Pérdidas.....	60
6.5 DETERMINACIÓN DE CAUDALES .....	66
6.5.1 Transformación Lluvia-Caudal .....	66
6.5.2 Modelo HEC-HMS .....	69
6.5.3 Aplicación del Modelo Hidrológico .....	72
6.5.4 Resultados Obtenidos.....	79
<b>CAPÍTULO 7: PROYECTO DE DRENAJE.....</b>	<b>84</b>
7.1 GENERALIDADES.....	85
7.2 OBRAS PROYECTADAS.....	86
7.2.1 Laguna de Regulación 01 .....	88
7.2.2 Laguna de Regulación 02 .....	89
7.2.3 Laguna de Regulación 03 .....	91
7.2.4 Laguna de Regulación 04 .....	91
7.2.5 Laguna de Regulación 05 .....	92
7.2.6 Alcantarilla de Cruce .....	94
7.2.7 Aplicación del Modelo Hidrológico .....	96
7.2.8 Análisis de los Resultados .....	98
<b>CAPÍTULO 8: PROYECTO DE VIALIDAD.....</b>	<b>104</b>
8.1 GENERALIDADES.....	105
8.2 VIALIDAD INTERNA DE ALTO MOLVENTO .....	105
8.2.1 Diseño Planimétrico de Calles .....	106
8.2.2 Diseño Altimétrico de Calles .....	106

8.2.3 Elección del Perfil Tipo.....	107
8.2.4 Diseño de Bocacalles .....	111
<b>CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....</b>	<b>113</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Taxonomía hasta nivel de Subgrupo .....	22
Tabla 3.2. Clases de capacidad de uso. En miles de hectáreas .....	22
Tabla 3.3. Categorías de drenaje natural. En miles de hectáreas .....	23
Tabla 3.4. Clase de salinidad y alcalinidad sódica. En miles de hectáreas .....	23
Tabla 3.5. Clases de erosión. En miles de hectáreas.....	23
Tabla 3.6. Clases de susceptibilidad a la erosión. En miles de hectáreas.....	23
Tabla 3.7. Clases por pedregosidad. En miles de hectáreas.....	24
Tabla 3.8. Serie Calamuchita III.....	26
Tabla 6.1. Parámetros Físicos de las Subcuencas .....	52
Tabla 6.2. Velocidad promedio aproximada en ft <sup>3</sup> /m. (Fuente: "Hidrología Aplicada, V. T. Chow, 1994) .....	56
Tabla 6.3. Tiempos de Concentración según fórmulas para cada Subcuenca .....	57
Tabla 6.4. Tiempos de Concentración y Retardo por SubCuenca.....	57
Tabla 6.5. Intensidad (i) y Lámina Precipitada. Estación Pluviográfica La Suela.....	59
Tabla 6.6 Clasificación de clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia del SCS. (Fuente: "Hidrología Aplicada", V. T. Chow, 1994.) .....	62
Tabla 6.7. Números de curva de escorrentía para usos de tierra agrícola, suburbana y urbana. (Fuente: "Hidrología Aplicada", V. T.º Chow, 1994.).....	64
Tabla 6.8. Valores de CN según cada escenario .....	66
Tabla 6.9. Caudales y Volúmenes para lluvia de 60min de duración. Escenario Actual. ..	80
Tabla 6.10. Caudales y Volúmenes para lluvia de 60min de duración. Escenario Futuro.	80
Tabla 6.11. Diferencia de Caudales. Escenario Actual vs Escenario Futuro .....	81
Tabla 7.1. Alcantarilla de Cruce Proyectada .....	95
Tabla 7.2 Caudales y Volúmenes para lluvia de 60min de duración. Escenario Regulado	99
Tabla 7.3 Diferencia de Caudales entre Escenario Actual y Regulado.....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Alcantarilla de Cruce RPN°5. Sección Semicircular Radio=1m. ....	8
Figura 2.2. Alcantarilla de Cruce RPN°5. Sección Circular Diámetro=0,8m .....	8
Figura 2.3. Alcantarilla de Cruce RPN°5. Sección Cajón 1,55m x 1,20m .....	9
Figura 2.4. Prácticas Agrícolas sobre un bajo natural del terreno. ....	9
Figura 2.5. Observación de la abundante presencia de Vegetación.....	10
Figura 2.6. Alcantarilla de Cruce RPN°5. Sección Semicircular. Bajo Pronunciado. ....	10
Figura 2.7. Infraestructura existente.....	11
Figura 2.8. Pendientes del terreno natural. ....	11
Figura 2.9. Alcantarillas de Cruce RPN°5. Dos de sección circular. Diámetro=0,80m.....	12
Figura 2.10. Inspección del terreno natural .....	12
Figura 2.11. Alcantarilla de Cruce RPN°5. Sección Cajón 0,80m x 0,80m .....	13
Figura 2.12. Edificaciones agua debajo de la RPN°5.....	13
Figura 3.1. Pedanías del Departamento Calamuchita .....	16
Figura 3.2. Ubicación del sector de estudio .....	17
Figura 3.3. Ambientes Geomorfológicos de la Provincia de Córdoba.....	18
Figura 3.4. Ordenes de suelos de la Provincia de Córdoba .....	21
Figura 3.5. Temperaturas Medias de Enero (°C) (1961-1990). (Fuente: INTA, 2003) .....	27
Figura 3.6. Temperaturas Medias de Julio (°C) (1961-1990). (Fuente: INTA, 2003) .....	28
Figura 3.7. Amplitud Térmica Anual (°C) (1961-1990). (Fuente: INTA, 2003) .....	29
Figura 3.8. Climograma de Villa Ciudad Parque Los Reartes. (Fuente: Climate-data) .....	30
Figura 3.9. Diagrama de Temperaturas de Villa Ciudad Parque Los Reartes. (Fuente: Climate-data) .....	30
Figura 4.1. Impacto hidrológico de las prácticas agrícolas .....	33
Figura 4.2. Relación entre impermeabilización y aumento del escurrimiento superficial ..	34
Figura 4.3. Impacto hidrológico de la urbanización .....	35
Figura 4.4. Perfil típico y efecto de un reservorio sobre el hidrograma de una cuenca.....	40
Figura 4.5. Subsistemas asociados al drenaje urbano .....	41
Figura 5.1. Vista aérea del sector de estudio .....	44
Figura 5.2. Representación Esquemática del Master Plan del Emprendimiento.....	45
Figura 5.3. Master Plan del Emprendimiento .....	46
Figura 6.1. Cuencas de Aporte. Situación Actual .....	49
Figura 6.2. Cuencas de Aporte. Situación Futura.....	50

Figura 6.3. Parámetros de una cuenca .....	52
Figura 6.4. Regiones pluviográficas de las Provincia de Córdoba.....	54
Figura 6.5. Curvas I-D-F. Zona Sierras .....	58
Figura 6.6. Distribución Temporal Zona Sierras. Estación La Suela.....	60
Figura 6.7 Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS. (Fuente: "Hidrología Aplicada", V. T. Chow, 1994.) .....	63
Figura 6.8. Caracterización de los usos de suelo.....	65
Figura 6.9. Componentes básicos del flujo en el hidrograma de escorrentía .....	68
Figura 6.10. Hietograma y su correspondiente Hidrograma en el punto de cierre de cuenca.....	69
Figura 6.11. Esquema de Modelación Escenario Actual. HEC-HMS.....	73
Figura 6.12. Parámetros por introducir según cada subcuenca. HEC-HMS .....	74
Figura 6.13. Parámetros por introducir para el Método de Pérdida. HEC-HMS.....	74
Figura 6.14. Parámetros del Hidrograma Unitario Sintético de Clark. HEC-HMS .....	75
Figura 6.15. Parámetros del Modelo de Control. HEC-HMS .....	75
Figura 6.16. Registros de lluvias. HEC-HMS .....	76
Figura 6.17. Datos de Lluvia. HEC-HMS.....	76
Figura 6.18. Milimetraje de la precipitación. HEC-HMS.....	77
Figura 6.19. Modelos Meteorológicos. HEC-HMS.....	77
Figura 6.20. Creación de simulación. HEC-HMS .....	78
Figura 6.21. Esquema de Modelación Escenario Futuro. HEC-HMS .....	79
Figura 6.22. Hidrograma de Salida. SubCuenca 02. Escenario Actual vs. Futuro. TR25 y d=60min.....	82
Figura 6.23. Hidrograma de Salida. SubCuenca 02. Escenario Actual vs. Futuro. TR100 y d=60min.....	83
Figura 7.1. Distribución Obras Proyectadas.....	87
Figura 7.2. Planimetría Laguna de Regulación 01 .....	89
Figura 7.3. Planimetría Laguna de Regulación 02 .....	90
Figura 7.4. Curva de Descarga del Vertedero del Microembalse 02 .....	90
Figura 7.5. Planimetría Laguna de Regulación 03 .....	91
Figura 7.6. Planimetría Laguna de Regulación 04 .....	92
Figura 7.7. Planimetría Laguna de Regulación 05 .....	93
Figura 7.8. Curva de Descarga del Vertedero del Microembalse 05 .....	94
Figura 7.9. Salida del modelo de cálculo de alcantarillas .....	95

Figura 7.10. Parámetros a ingresar para reservorios. HEC-HMS.....	96
Figura 7.11. Datos acerca del Coronamiento. HEC-HMS .....	97
Figura 7.12. Datos de la descarga. HEC-HMS.....	97
Figura 7.13. Datos del Vertedero. HEC-HMS.....	97
Figura 7.14. Esquema de Modelación Escenario Futuro Regulado. HEC-HMS .....	98
Figura 7.15. Hidrogramas de Entrada y Salida. Laguna 04. TR25 y d=60min. ....	101
Figura 7.16. Hidrogramas de Entrada y Salida. Laguna 04. TR100 y d=60min .....	102
Figura 7.17. Hidrograma de Entrada y Salida. Laguna 02. TR100 y d=60min.....	103
Figura 8.1. Planimetría General del Loteo.....	106
Figura 8.2. Perfil Tipo Calle 14 metros.....	110
Figura 8.3. Perfil Tipo Calle 12 metros. ....	110
Figura 8.4. Radio de giro para vehículos livianos. Normativa ASSHTO .....	111
Figura 8.5. Representación Esquemática de Bocacalles .....	112