

## 1. Marco del Estudio

El presente estudio tiene como objetivo general el elaborar una “Propuesta de Planes de Medidas de Mejoramiento de Suelos Agropecuarios”, alterados por actividades antrópicas o por pérdida por uso para otros fines, en función de las Clases de Capacidad de Uso.

En el contexto señalado, el estudio inicia su evaluación con el reconocimiento de quiénes deben desarrollar estas medidas de mejoramiento, lo cual contempla identificar los casos y/o proyectos tipo involucrados en el proceso, para posteriormente establecer cómo se deben llevar a cabo las medidas de mejoramiento, lo cual se traduce en explicitar el contenido mínimo que deben tener los proyectos sujetos a evaluación, los criterios empleados para su diseño e implementación de campo, así como el establecer Planes de Seguimiento, en función de una serie de indicadores físicos y químicos, que permitan evaluar (en el ámbito espacial y temporal) el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Por lo anterior, y a manera de resumen, el presente documento se refiere a las formas y acciones que ha implementado la autoridad para efectos de requerir la compensación o habilitación de suelos alterados por actividades antrópicas o por pérdida por uso para otros fines.

## 2. Universo de Casos

Los proyectos que requerirán implementar un plan de mejoramiento de suelos, a los cuales va dirigido el presente documento, corresponden a todos aquellos que generen acciones que afecten negativamente a suelos con aptitud agropecuaria, entendiendo por ellos, y según se define en acápite más adelante, a aquellas unidades cartográficas cuya Clase de Capacidad de Uso correspondan a las Clases I, II y III, además de otros de especial interés para la agricultura.

Dentro de los grandes grupos de proyectos que potencialmente pueden afectar al suelo así definido, se deben destacar a:

- Proyectos que presenten intervención directa del recurso suelo, sin pérdida aparente de la capacidad productiva de los mismos.

En esta situación encuentran aquellos proyectos que intervienen fajas de suelo particulares, pero cuya real área de interés se ubica en forma sub-superficial, como por ejemplo los gasoductos o acueductos.

- Proyectos que presenten intervención directa del recurso suelo, con pérdida de la capacidad productiva de los mismos, pero de escasa magnitud espacial.

En esta situación se encuentran aquellos proyectos que intervienen áreas puntuales de suelo, al colocar estructuras de soporte aéreo, como por ejemplo los tendidos eléctricos o antenas repetidoras. Si bien es cierto la magnitud del área intervenida por cada estructura es de escasa cuantía (un par de m<sup>2</sup> por unidad), a ello se suma el área destinada a la instalación de faenas y caminos de acceso, que en la mayoría de los casos solo sirve a la mantención de la estructura, así como la faja de protección del tendido, la cual se extiende en un ancho de 40 metros, lo que puede llevar a quintuplicar el área potencialmente afectada. La suma de ellas hace relevante su análisis, ya que regularmente esta intervención implica varios kilómetros de longitud.

- Proyectos que presenten intervención directa del recurso suelo, con pérdida de la capacidad productiva de los mismos, de mediana a gran magnitud pero que mediante programas de saneamiento y un plan de manejo pueden ser re-habilitados para uso agropecuario.

En esta situación se encuentran aquellos proyectos que intervienen áreas significativas de suelo, para la extracción de materiales de empréstito ó explotación de minerales metálicos y no metálicos, así como también los botaderos de excedentes de la construcción.

Entre ellas se pueden reconocer:

- ❖ Extracción de áridos
- ❖ Extracción de arcillas
- ❖ Botaderos

- Proyectos que presenten intervención directa del recurso suelo, con pérdida irreversible de la capacidad productiva de los mismos, a cualquier escala, los cuales deben ser compensados.

En esta situación se encuentran aquellos proyectos que intervienen áreas significativas de suelo, al cual lo emplean como soporte de actividades económicas diferentes a la agricultura.

Entre ellas se pueden reconocer:

- ❖ Construcción de Plantas Industriales
- ❖ Proyectos de Desarrollo Urbano
- ❖ Sub estaciones eléctricas

Cabe destacar que según la disposición legal vigente, los proyectos de desarrollo Urbano, no deben compensar suelos cuando se trate de viviendas sociales (valor menor o igual a 1000 UF).

### 3. Conceptualización del Mejoramiento por Compensación

Como se señala en el capítulo 1, uno de los objetivos del presente documento es el generar “Planes de Medidas de Mejoramiento de Suelos Agropecuarios”, en función del suelo y sus Clases de Capacidad de Uso a intervenir en origen y a compensar en forma *ex - post* a la intervención.

En este contexto resulta relevante el establecer conceptualmente que se entiende o considera para que un suelo requiera ser sujeto de un “Plan de Mejoramiento”, así como también fijar, en base a los mismos criterios, los límites de la compensación requerida.

#### 3.1. Capacidad de Uso de los Suelos

Uno de los principales atributos que permiten reconocer la existencia de suelos con valor agropecuario, se encuentran establecidos en la definición de sus características físicas y morfológicas y de las Clases de Capacidad de Uso de los Suelos, la cual evalúa las propiedades intrínsecas al recurso, dejando de lado variables de manejo de suelos y cultivos, así como técnicas de aplicación del agua de riego, técnicas que eventualmente permitirían ampliar el horizonte de uso potencial de los mismos.

Las Clases de Capacidad de Uso de los Suelos constituyen un tipo de Clasificación Interpretativa, donde se ordena y prioriza a los mismos según su adaptabilidad relativa a los cultivos, además de las dificultades, limitaciones y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Ellas están basadas en la capacidad de la tierra para producir, haciendo hincapié en las limitaciones naturales de los suelos (Universidad de Chile, 1994; SAG, 2001).

Las Clases de Capacidad de Uso convencionales son ocho, y se designan por medio de números romanos, ordenadas de acuerdo a sus crecientes limitaciones y riesgos de uso. Desde un punto de vista práctico, las Clases de Capacidad de Uso se pueden agrupar en dos grandes categorías, conceptualizándose en ellas las Clases que se indican a continuación.

##### 3.1.1. Tierras adaptadas para cultivos arables

En ella están las Clases I, II, III y IV de Capacidad de Uso, donde:

**Clase I:** Estos suelos no tienen limitaciones en su uso y manejo. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y su fertilidad es buena. Los rendimientos que se obtienen al utilizar prácticas convenientes de cultivo y manejo son altos en relación con los de la zona. En uso se necesitan prácticas de manejo simples para mantener su productividad y conservar su fertilidad natural.

**Clase II** Los suelos de ésta Clase presentan ligeras limitaciones o requieren moderadas prácticas de conservación para su pleno uso. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas favorables, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que la Clase anterior.

Las limitaciones más corrientes son:

- ❖ Pendientes suaves y micro relieve poco acentuado.
- ❖ Profundidad menor que un suelo de Clase I
- ❖ Estructura y textura desfavorable.
- ❖ Ligera humedad corregible por drenaje.

Estas limitaciones pueden presentarse solas o combinadas.

**Clase III:** Los suelos de la Clase III presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen significativamente la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para algunos de ellos. La topografía varía de plana a moderadamente inclinada, lo que dificulta severamente el regadío; la permeabilidad varía de lenta a muy rápida.

Las limitaciones más corrientes para esta Clase se refieren a:

- ❖ Topografía moderadamente ondulada.
- ❖ Abundante microrelieve.
- ❖ Profundidad de suelo
- ❖ Estructura y textura desfavorable.
- ❖ Baja capacidad de retención de agua
- ❖ Humedad que limita el desarrollo radicular.

Los suelos de esta Clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo.

**Clase IV:** Los suelos de la Clase IV presentan severas limitaciones de uso que restringen la elección de algunos cultivos. Estos suelos pueden ser cultivados, pero requieren cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de la Clase III.

Las limitaciones más usuales para esta Clase se refieren a:

- ❖ Suelos muy delgados
- ❖ Topografía moderadamente ondulada y disectada
- ❖ Baja capacidad de retención de agua
- ❖ Drenaje muy pobre

### 3.1.2. Tierras de uso limitado No arables

Generalmente no adaptadas para cultivos. En ella se reconocen las Clases V, VI, VII y VIII, donde:

**Clase V:** Los suelos de la Clase V corresponden a terrenos no arables, aptos para pastoreo y forestales, donde se deben implementar muy buenas prácticas de manejo. En esta Clase se pueden encontrar:

- ❖ Terrenos planos, demasiado húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados. Están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.
- ❖ Terrenos planos o piedmont (plano inclinado) que por factores climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buena aptitud para la producción de praderas naturales todo el año o parte de él. Por ejemplo, se puede mencionar: turbas, pantanos, mallines y ñadis, es decir suelos demasiado húmedos, susceptibles de ser drenados y, por lo tanto, no cultivables.

También pueden ser suelos de valles andinos y/o costinos, en posiciones de piedmont, que por razones de clima (ejemplo: pluviometría), no pueden ser cultivados.

**Clase VI:** Los suelos de la Clase VI corresponden a suelos inadecuados para los cultivos y su uso está limitado a pastos de temporada y forestales. Los suelos tienen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas en forma simple, tales como: pendientes muy pronunciadas, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, profundidad efectiva poco profunda, excesiva humedad, baja retención de humedad, ó alto contenido de sales.

**Clase VII:** Los suelos de la Clase VII corresponden a suelos con limitaciones muy severas que la hacen inadecuada para los cultivos. Su uso fundamental es forestal y para pastos resistentes.

**Clase VIII:** Los suelos de la Clase VIII corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación y protección de hoyas hidrográficas.

### 3.1.3. Sub-clase de Capacidad de Uso

Cada Sub-clase está constituida por un grupo de suelos dentro de una Clase que posee el mismo tipo de limitaciones. Las limitaciones que se reconocen a este nivel son:

- ❖ s: suelo
- ❖ w : humedad, drenaje o inundación
- ❖ e : riesgo de erosión o efectos de antiguas erosiones
- ❖ cl: clima

### 3.2. Criterios para la Clasificación de los Suelos en Clases de Capacidad de Uso, según SAG.

A nivel de país, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2001) ha establecido pautas que permiten uniformizar los criterios para la correcta clasificación de las Clases de Capacidad de Uso, señalándose que los parámetros de mayor relevancia para la clasificación de suelos corresponden a:

- a) Profundidad efectiva,
- b) Estructura
- c) Textura superficial,
- d) Pedregosidad superficial,
- e) Humedad aprovechable (para la profundidad efectiva),
- f) Permeabilidad,
- g) Pendiente,
- h) Susceptibilidad a erosión,
- i) Clase de drenaje,
- j) Alcalinidad y salinidad,
- k) Riesgo de inundación,
- l) Días libres de heladas,
- m) Adaptabilidad de los cultivos,
- n) Grado de intensidad de uso,
- o) Otros factores o parámetros que resulten ser significativos y, que por su deficiencia o exceso, afecten el uso actual o futuro.

Dentro de ellas se observa que los parámetros “a”, “b”, “c”, “d”, “e”, “f”, “g”, “h”, “i”, “j” y “o” corresponden a propiedades intrínsecas a cada suelo; el parámetro “k” asume un grado de interrelación con el entorno del mismo; mientras que los parámetros “l”, “m” y “n” integran a criterios climáticos o agroclimáticos, de difícil solución vía prácticas de manejo, incluso de carácter complejo.

En la Tabla 3.1 siguiente se presenta una Guía acerca de los valores en que cada una de los parámetros puede presentarse, mientras que un detalle del rango de valores que puede adoptar cada parámetro del suelo, así como de su significado, se adjunta en el Anexo A.

**Tabla 3.1**  
**Criterios Técnicos para Clasificar Suelos en Clases de Capacidad de Uso**

**GUÍA PARA CLASIFICAR SUELOS EN CLASES DE CAPACIDAD DE USO**

Clase	Profundidad Efectiva	Textura Superficial	Pedregosidad Superficial (%)	Agua Aprovechable (cm)	Permeabilidad	Pendiente (%)	Susceptibilidad a Erosión	Clase de Drenaje	Inundación	Alcalinidad y Salinidad	Días Libres de Heladas	Adaptabilidad a Cultivos	Grado de Intensidad de Uso
I	Profundo	Fav - FAL	0	18 o más	Moderada	2 o menos	Ninguna a Leve	Buena	Ninguna	Ninguna	150 o más	Buena	Muy Intenso
II	Profundo y Moderadamente Profundo	af - A	5 a 15	12 o más	Moderada	4 o menos	Ninguna a Moderada	Buena a Moderada	Ninguna a Ocasional	Ninguna a Ligera	100 o más	Buena	Intensivo
III	Profundo a Profundidad Media	a - A	15 a 35	9,5 o más	Lenta a Rápida	8 o menos	Ninguna a Moderada	Buena a Imperfecta	Ninguna a Ocasional	Ninguna a Moderada	80 o más	Buena	Moderado
IV	Profundo a Delgado	ag - A	15 a 40	5 o más	Lenta a Rápida	15 o menos	Ninguna a Severa	Buena a Pobre	Ninguna a Frecuente	Ninguna a Alta	50 o más	Limitada	Limitado
V	Media a Delgado	ag - A	Indistinta	Indistinta	Lenta a Rápida	6 o menos	Ninguna a Leve	Buena a Muy Pobre	Ninguna a Frecuente	Ninguna a Alta	80 o más	Ninguna	Muy Limitado **
VI	Profundo a Delgado	ag - A	35 a 50		Lenta a Rápida	30 o menos	Ninguna a Severa	Buena a Muy Pobre	Ninguna a Frecuente	Ninguna a Alta	50 o más	Ninguna	Moderado **
VII	Profundo a Muy Delgado	ag - A	50 y más		Lenta a Rápida	50 o menos	Ninguna a Muy Severa	Buena a Muy Pobre	Ninguna a Muy Frecuente	Ninguna a Alta		Ninguna	Limitado **
VIII													

Terminos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Sólo para vida silvestre y esparcimiento.

\* Agua aprovechable expresada en altura de agua (cm) sólo para la profundidad efectiva del suelo.

\*\* Aptitud sólo para pastos o forestal.

Observaciones: Deben considerarse en un sistema de clasificación todos aquellos factores que puedan ser significativos en el uso o tratamiento del suelo, tales como: deficiencias o excesos de elementos menores, baja fertilidad difícil de corregir, etc.

PAUTA PARA ESTUDIO DE SUELOS



### 3.3. Clases de Capacidad de Uso que se deben Compensar

El Ministerio de Agricultura ha establecido que se debe tender a conservar aquellos suelos que se ubiquen en las Clases de Capacidad de Uso I, II y III, además de otros de especial interés para la agricultura, con la finalidad de evitar la pérdida irreversible de ellos, asegurando así el incremento y mantención en la productividad de los mismos. Lo anterior ha cobrado especial importancia en los últimos años, atendiendo especialmente a la creciente presión de uso, producto de la expansión a terrenos rurales de actividades urbanas e industriales.

La Seremi de Agricultura de la Región Metropolitana ha establecido, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución N° 107 del año 2003 del Gobierno Regional Metropolitano que modificó el PRMS, que la intervención de algunos suelos, definidos como de “Alta Prioridad Agrícola” deben ser “Compensados, estableciendo como criterio que ésta debe establecerse en función de mejorar la Capacidad de Uso de un Suelo de menor calidad, a lo menos en un orden de Clase.

Para dicho efecto la Autoridad ha establecido y aceptado, en múltiples proyectos<sup>1</sup> que requieren compensación de suelos, que dicho cambio se verifique desde una Clase IV a una Clase III ó desde una Clase VI a una Clase IV.

Por otro lado, y atendiendo a la presentación de proyectos de extracción de áridos que compromete a suelos agrícolas, la Autoridad ha establecido una serie de criterios y exigencias de manejo<sup>2</sup> que concluyan con la recuperación de los suelos asociados a la intervención.

### 3.4. Criterios para el Cambio en la Capacidad de Uso del Suelo

Sobre la base de lo establecido en la Tabla 3.1 adjunta, y considerando las mayores o menores dificultades, técnicas y económicas, que impone una intervención del suelo con fines de modificar su Clase de Capacidad de Uso, se reconoce que estas se deben abocar a aquellas variables físicas de más fácil implementación técnica relativa y de alto impacto temporal (corto plazo), y que dicen relación con:

<sup>1</sup> A modo referencial se pueden revisar las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) números:

- ❖ 944/2006, que califica ambientalmente favorable el proyecto “Planta de Abatimiento de Molibdeno y Regulación de pH en RIL Carén” presentado por CODELCO – Chile, División El Teniente.
- ❖ 036/2004, que califica ambientalmente favorable al proyecto “Tranques de Relaves Alhué adosado al existente”, presentado por Minera Florida S.A.

<sup>2</sup> A modo indicativo, según se respalda en Anexo B, se pueden citar las Resoluciones Exentas:

- ❖ 170/2000, donde CONAMA aprueba favorablemente el proyecto “Recuperación y Mejoramiento de suelos mediante la actividad de extracción y procesamiento de áridos”.
- ❖ 254/2002, donde CONAMA aprueba favorablemente el “Proyecto de Extracción de Áridos y Plan de Recuperación de Suelos Pozo La Sanchina”.
- ❖ 473/2000, donde CONAMA aprueba favorablemente el “Proyecto de Extracción y Procesamiento de Áridos y Recuperación de Suelos Planta San Bernardo”.

- ❖ Profundidad Efectiva,
- ❖ Pendiente, y microrelieve,
- ❖ Pedregosidad superficial,
- ❖ Drenaje y,
- ❖ Estructura.

En este contexto, y dejando de lado las variables climáticas y/o agroclimáticas ya mencionadas, a la fecha también se han excluido soluciones que signifiquen mejorar la componente química del suelo, como lo son la salinidad y sodicidad, debido a lo dificultoso y a la lenta respuesta de los suelos al cambio.

Por lo anterior, y considerando que el impacto se verificará a lo menos en un Orden de Clase, el cambio mínimo esperado se traducirá en pasar de una condición base a una futura según se indica en la Tabla 3.2:

**Tabla 3.2**  
**Cambios Mínimos Esperados en Parámetros a Modificar Vía Compensación de Suelos**

Parámetro a modificar	Cambio de Clase de Capacidad de Uso, Impone un Cambio Mínimo en el Parámetro de:					
	IV	a	III	VI	a	IV
Profundidad Efectiva (cm)	20-40	a	40-70	-	a	-
Pendiente (%)	15	a	8	30	a	15
Pedregosidad (%)	40	a	35	50	a	40
Drenaje	Pobre	a	Imperfecto	Muy pobre	a	Pobre

Estructura	Agua Aprovechable (%)	5,0 o más	a	9,5 o más	-	a	5,0 o más
	Permeabilidad	-	a	-	-	a	-

En términos particulares la intervención impone cambios y formas de lograr este cambio, según criterios que se detallan a continuación:

### 3.4.1. Profundidad Efectiva

Como se señala en el Anexo A, la profundidad efectiva corresponde a la máxima profundidad a la cual se establece la penetración de raíces con un límite, para efectos de la mejor Clase de Capacidad de Uso (Clase I), equivalente a un mínimo de 90 cm.

En el caso de los suelos Clase de Capacidad de Uso IV, esta profundidad fluctúa entre 20 y 40 cm., por lo que de requerirse compensación a la Clase de Capacidad de Uso III, esta debiera incrementarse al rango 40 a 70 cm. En el caso de la Clase de Capacidad de Uso VI, no se verifican diferencias en la profundidad con respecto a la Clase de Capacidad de Uso IV, por lo que no constituye un parámetro a intervenir o compensar entre estas Clases.

Se reconoce que las limitantes a la penetración de las raíces puede estar dada por la presencia de:

1. material de origen geológico subyacente (material lítico ó paralítico);
2. ripios o estratas arenosas;
3. saprolitos o material meteorizado;
4. horizontes genéticos cementados o aparentemente cementados (petrocálcico, cálcico, plácico, duripán, fragipán);
5. horizonte genético B mal estructurado;
6. horizontes compactados,
7. horizontes gleizados;
8. horizontes saturados por tiempo prolongado.

A modo general, se puede establecer que cuando la restricción a la profundidad efectiva este dada por las limitantes 1 a 4, se debe evaluar la solución asociada al concepto de relleno con material suelo externo, el cual obviamente debe tener una calidad agrícola. Si las limitantes presentes corresponden a las individualizadas como 5 y 6, se debe evaluar la factibilidad de implementar acciones tendientes a fracturar la estrata desfavorable. Finalmente, si la restricción esta asociada a la limitante 8, (y eventualmente la limitante 7), se debe evaluar la factibilidad de implementar una red de drenaje que extraiga los excedentes de agua del perfil y aporte aire a las estratas comprometidas.

En el caso particular del relleno con material suelo externo, adicionalmente se debe evaluar el origen del material de empréstito, en orden a que la mejora de la profundidad en un suelo necesariamente requiere la desmejora o decapitación del suelo donante, aunque se asuma que este se encuentra asociado al área donde se implementará el proyecto. Especial importancia se debe dar al material suelo proveniente de la construcción o urbanizaciones, en orden a asegurar que efectivamente este sea de calidad para la agricultura, evitando así el depósito de escombros y estériles.

En el caso de excavaciones, asociada a la extracción de áridos desde el subsuelo, se deberá propender a realizar la extracción mediante cortes de suelo en fajas. Esta metodología permite que a medida que la maquinaria avanza por la faja extrayendo el

material subyacente, la capa superior del suelo es depositada provisoriamente en el costado de la misma. Una vez finalizada la extracción, se procede al relleno de la faja con el material suelo acopiado, y así sucesivamente hasta el final de la operación. Una vez finalizada la extracción, se debe proceder a micronivelar el escarpe, habilitando vías de evacuación de aguas y drenaje. Ante la posibilidad de que en la fase de proceso del material se generen descartes, se recomienda dejar una primera línea de trabajo en terreno sin tapar, se manera que allí sean dispuestos los materiales rechazados, línea que se deberá homogeneizar con el entorno, al terminar la fase extractiva en cada potrero en particular. Se recomienda este método puesto que minimiza o anula el acopio de material suelo en el terreno.

Cabe destacar que existen exitosas experiencias de recuperación de suelos en pozos de extracción de áridos en países de Europa como Inglaterra, Suiza, Alemania, España y Francia. En estos países, se han desarrollado estrategias de planificación del uso de los recursos y de la protección del medio ambiente.

Por otro lado se debe prever el grado de esponjamiento del material depositado y los requerimientos de compactación superficial, en orden a que en el tiempo se verificarán fenómenos de subsidencia, por ordenamiento de las partículas y espacios vacíos del suelo, que podría generar un micro-relieve no deseado, aspecto que se puede mejorar significativamente en el caso de suelos bajo riego.

Cabe señalar que el movimiento de tierra se define como las operaciones que se efectúan para excavar, para transportar y/o para compactar la tierra. Dentro de la maquinaria utilizada para la ejecución de obras que requieran de movimientos de tierra se cuentan:

- Retroexcavadoras. Estas máquinas presentan una gran facilidad de excavación bajo su nivel de apoyo y son muy adecuadas para la construcción de zanjas y de cargío de material removido.
- Excavadora hidráulica. Esta máquina es adecuada para operar en espacios amplios, puede excavar en terrenos blandos o duros, con rendimientos altos.
- Bulldozer. Esta máquina corta y mueve, prestándose para despejar y nivelar terrenos irregulares. Puede ser usada además para esparcir tierras y hacer rellenos en lugares donde existan depresiones.
- Cargador frontal. Esta máquina carga, transporta y descarga material.
- Motoniveladora. Esta maquinaria permite el corte, movimiento y acondicionamiento del material suelo superficial en pequeñas distancias, o en fajas.
- Traíllas hidráulicas. Esta maquinaria permite el corte, almacenamiento, transporte y acondicionamiento del material suelo superficial en pequeñas y medianas distancias.

El tipo de maquinaria a emplear, respecto a su capacidad y potencia, dependerá de la magnitud de las faenas de movimiento de tierras.

#### 3.4.2. Pendiente

En la Tabla 3.2 se señala explícitamente que para el caso de la pendiente, un cambio de Clase de Capacidad de Uso se verificaría al pasar de 15 a 8%, cuando se desea llevar una Clase IV a una Clase III, mientras que el paso de una Clase VI a una Clase IV, significaría bajar la pendiente desde un 30 a un 15%. Este cambio se debe verificar a través de una nivelación del suelo, entendiéndose por ello a la remodelación de la superficie que permita obtener las pendientes adecuadas.

En forma complementaria se deberá tener en consideración la construcción de zanjas de infiltración o de contorno, aguas arriba del área modelada, cuando corresponda, así como también la construcción o adecuación de sectores para la evacuación de las aguas lluvia.

Cabe destacar que los estudios topográficos están basados en la elaboración de perfiles, los cuales constituyen a su vez los elementos básicos tanto para proyectos de riego como de infraestructura. La última fase del estudio topográfico lo constituye la elaboración de planos que deben representar la configuración del terreno. Estos planos deben servir como guía para establecer las cotas que definirán la alineación y las alturas de excavación o de relleno.

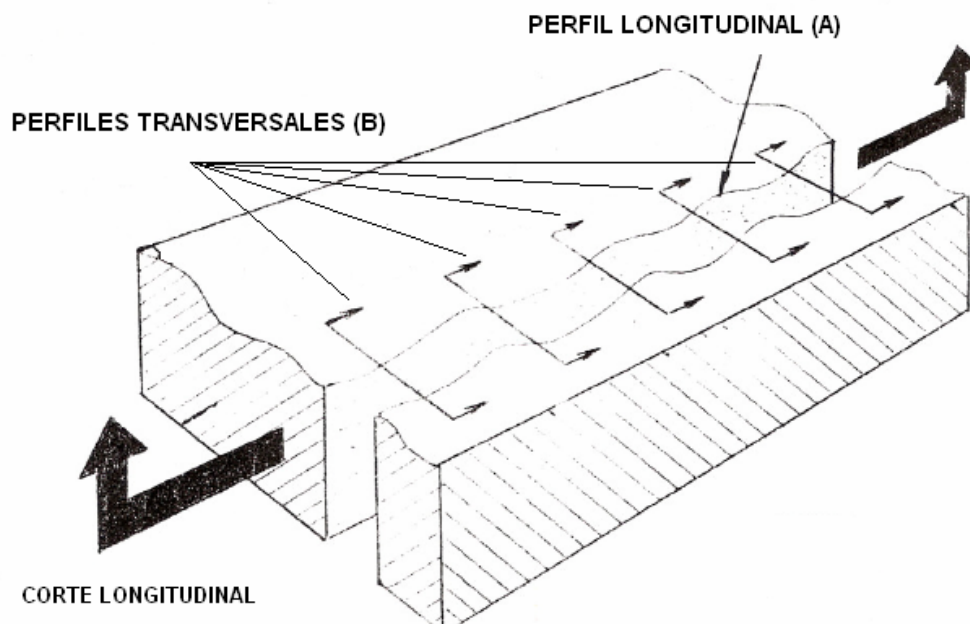
Una vez definido el trazado es necesario conocer la conformación del terreno circundante para definir la posición final de la rasante, y las características de las secciones transversales que resultarán al imponer la plataforma del proyecto. Los diversos tipos de perfiles que se levantan, deberán tener por objeto representar con fidelidad la forma y las dimensiones que el terreno presenta según los planos principales. Estos definirán tridimensionalmente la obra en proyecto, a una escala que permita ubicar sus diversos componentes.

Los perfiles longitudinales del terreno corresponden a la intersección de éstos con una superficie de generatrices verticales que contiene el eje del proyecto.

Los perfiles trasversales de terreno se definen como la intersección del camino con un plano vertical que es normal, en el punto de interés, a la superficie vertical que contiene el eje del proyecto. El perfil transversal tiene por objeto presentar en un corte por un plano transversal, la posición que tendrá la obra proyectada respecto del proyecto, y a partir de esta información, determinar las distintas cantidades de obra, ya sea en forma gráfica o analítica.

En la Figura 1 siguiente se muestra la representación de estos perfiles.

**Figura 1.**  
**Representación esquemática de un perfil longitudinal (A) y de varios perfiles transversales (B).**



También se definen los perfiles especiales para resolver algunos aspectos de un estudio de camino, obras de arte por ejemplo. Los más corrientes son según ejes que corten el eje longitudinal bajo un cierto ángulo, en otros casos pueden ser perfiles de estudios especiales o complementarios en lugares que se ven comprometidos por la obra.

Para la ejecución de cualquier proyecto es necesario establecer el perfil longitudinal que debe materializarse mediante estacas (Estacado). El estacado deberá considerar estacas cada 20 m (En general, se requieren a lo menos 25 estacas por hectárea).

El movimiento de tierra debe basarse en un levantamiento muy preciso, que permita seleccionar pendientes óptimas y obtener un balance adecuado entre cortes y rellenos. Terraplén o relleno es aquel volumen de tierra que es necesario agregar al terreno natural. Corte es el volumen de tierra que es necesario extraer del terreno con el objeto de satisfacer los requerimientos del perfil tipo del proyecto.

Además, mediante el plano topográfico es posible realizar la planificación física de la plantación, donde deberán aparecer claramente delimitados los caminos, las pendientes, y largos y tamaño de las unidades o cuarteles de riego en el caso de plantaciones.

Existen varios métodos que se utilizan en la nivelación de suelos. Dentro de estos métodos se pueden citar el método por calles y el método del centroide. El primero implica un menor movimiento de tierras que el segundo. No obstante, uno de los métodos más utilizados, sobre todo para plantaciones frutales, es el de los perfiles promedios ajustados



mediante la técnica de los mínimos cuadrados. Los pasos a seguir en el cálculo de movimiento de tierra incluyen la determinación y ubicación del centro de masa o centro del sector de nivelación. El valor del centroide corresponde al promedio general de filas y columnas (determinadas con el estacado). Cuando la figura es irregular, el centroide geométrico puede ser ubicado suspendiendo un modelo a escala de la figura estudiada, en varias posiciones y usando un cordel y plomada como guía, para poder trazar las líneas verticales a través de la figura desde el punto de suspensión. Luego, se determinan las nuevas elevaciones del terreno. La técnica de nivelación consiste en determinar una recta (pendiente) que mejor se ajuste a las elevaciones promedio de filas y columnas (mínimos cuadrados), es decir a las condiciones naturales del predio. A partir de la recta se determinan los cortes y rellenos. La relación entre cortes y rellenos debe ser superior a 1, para satisfacer las necesidades de relleno, debido a la compactación que sufre el suelo durante la nivelación. La relación corte/relleno variará en función de la textura siendo cercana a 1,3 – 1,4 en los suelos arcillosos.

Sin perjuicio de lo anterior se pueden obtener aproximaciones del cálculo de cortes y rellenos mediante software especializado.

Para la nivelación de terrenos debe considerarse necesariamente la profundidad del suelo, puesto que si el suelo es poco profundo y la nivelación considera cortes significativos no se aconsejaría ejecutarla. Además, debe considerarse la existencia de topografía accidentada y ondulaciones fuertes, dado que la topografía afecta directamente el costo de la nivelación. En este sentido, mientras mayor sea la desuniformidad del terreno, mayor será el movimiento de tierra para conseguir una pendiente uniforme. Al respecto puede decirse que en general, los movimientos de tierra superiores a  $900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  son antieconómicos.

Otro aspecto importante a considerar en la nivelación de terrenos es la permeabilidad del suelo, puesto que en los suelos con permeabilidad excesiva (suelos arenosos con una infiltración  $> 7 \text{ cm h}^{-1}$ ), no se recomienda una nivelación sino más bien la aplicación de algún sistema de riego tecnificado.

Por otra parte en suelos con presencia de nivel freático (si este se ubica dentro o afecta a la zona radicular) no se recomienda efectuar la nivelación sin antes solucionar el problema de drenaje.

Se recomienda que el proyecto contemple el dejar Puntos de Referencia (PR) fijos y georeferenciados, estableciendo sus coordenadas Norte y Este y la altura en relación al nivel del mar (msnm) de manera de poder realizar un seguimiento posterior a la variación de la pendiente establecida. Estos deberán ser monolitos de concreto, de manera de asegurar que no serán dañados por la fauna local, animales domésticos o intervención de terceros. Se podrá considerar como puntos de referencia fijos, hitos como plazas o edificios públicos de cota conocida.

Finalmente, se recomienda que antes de realizar el levantamiento topográfico se prepare el suelo en forma adecuada, faena que considera subsolado, arado y rastreado del suelo. No obstante estas labores previas a la nivelación, se deberá considerar la presencia de pedregosidad, cuantificándola para evaluar su retiro (manual o mecanizado),

si es pertinente cuando esta sea excesiva. Posteriormente y de acuerdo a la naturaleza del proyecto y la configuración del terreno, se lleva a cabo la nivelación o micronivelación del suelo.

En este sentido, el trabajo del subsolador es romper, resquebrajar y agrietar compactaciones ubicadas a distintas profundidades y que están fuera del alcance de la labranza convencional que utiliza arados de vertedera, discos y cincel. El subsolador posee una profundidad máxima de trabajo de 1,2 m y debe utilizarse cuando el suelo se presenta seco.

El esponjamiento o porcentaje de expansión de un suelo, es el aumento en volumen que experimenta un suelo en banco cuando es removido de su sitio de tal manera que sus partículas y otros componentes tienen algún grado de disgregación tal que permite que el aire penetre entre ellas. El grado de esponjamiento se expresa como el porcentaje de dicho incremento (volumen de suelo suelto) respecto del volumen en banco. Se puede constatar que el suelo experimenta esponjamiento cuando está suelto y que este se reduce una vez compactado. El esponjamiento es función del tipo de textura del suelo, por lo tanto el comportamiento de los suelos en relación al esponjamiento será diverso de acuerdo al tipo de material conformador del suelo (suelos aluviales, coluviales, etc).

El porcentaje de esponjamiento ( $S_w$ ) se define por:

$$S_w = (V_s - V_b / V_b) * 100$$

Donde:

$V_s$  = volumen que ocupa el material suelto

$V_b$  = volumen que ocupa el material en banco

A modo referencial, en la Tabla 3.3 se presentan algunos antecedentes que dicen relación con el nivel de esponjamiento esperado para diferentes tamaños de partículas de suelo presentes, en función de su nivel de humedad.

Se deberá considerar esta característica al momento de realizar la nivelación o micronivelación final, en orden a que su no consideración podría significar la formación de micro-relieve no deseado. Se recomienda que antes de efectuar la nivelación los suelos sean regados, de manera de ayudar al re-ordenamiento de las partículas.



**Tabla 3.3**  
**Nivel de esponjamiento esperado para diferentes tamaños de partículas y estados de humedad.**

Material / Humedad		Esponjamiento (%)
Arcilla	Estado natural	22
	Seca	25
	Húmeda	25
Arcilla y grava	Seca	17
	Húmeda	20
Tierra	Húmeda	26
	Seca	25
	Barro	23
Grava	Natural	13
	Seca	13
	Mojada	13
Arena	Seca	13
	Húmeda	13
	Empapada	13
Tierra y grava	Seca	13
	Húmeda	10
Tierra vegetal		44

En relación a la extracción de áridos, se recomienda que la tasa de rehabilitación sea similar a la tasa de extracción (Remediación del sitio metodológica y progresiva), y mantener y/o reponer los patrones de drenaje natural. En cuanto al manejo de taludes, es recomendable formar una suave pendiente (idealmente en una relación H:V de 4:1) entre la superficie natural y el nivel del área de extracción.

Además de la evaluación y manejo de la estabilidad de taludes, se deberá contemplar el control de la erosión. En este sentido, siempre la mantención de cubiertas vegetales constituirá la más importante defensa contra la erosión.

En cuanto al manejo de taludes en el acopio de tierras, éstos dependerán fundamentalmente de la textura del material suelo. Así, se considerarán taludes de 0,5:1 a 0,75:1 cuando se presenten suelos arcillosos; taludes de 1:1 para suelos francos; y, taludes de 1,5:1 a 3:1 para suelos arenosos gruesos, considerándose los valores intermedios para las texturas intermedias.

También, entendiendo que las cubiertas vegetales son el mejor sistema de disminución del escurrimiento superficial y, por lo tanto, de la pérdida de suelo por erosión, se buscará la implementación de planes de reforestación o de establecimiento de cultivos en las

zonas planas (escarpes) del área de influencia del proyecto, así como el establecimiento de empastadas en los taludes.

#### 3.4.3. Pedregosidad superficial

Para efectos de mejorar un suelo con presencia de piedras en superficie en forma excesiva, bastaría con reducir su importancia según los siguientes criterios:

- ❖ Si corresponde a pedregosidad, entendiendo por ello a fragmentos de 7,5 a 15,0 cm. de diámetro: se deberá reducir su presencia desde el 40 al 35%, si el cambio se verifica desde una Clase de Capacidad de Uso IV a una Clase III, mientras que desde una Clase de Capacidad de Uso VI a una Clase IV, esta debe pasar a lo menos desde el 50 a un 40%.
- ❖ Si estos fragmentos corresponden a gravas, entendiendo por ello a clastos de 2,0 a 7,5 cm. de diámetro, se deberá reducir su presencia desde el 60 al 40%, si el cambio se verifica desde una Clase de Capacidad de Uso IV a una Clase III, mientras que desde una Clase de Capacidad de Uso VI a una Clase IV, esta debe pasar a lo menos desde el 85 a un 40%.

Con respecto a la forma de las piedras, se deberá privilegiar el retiro de aquellas que presenten cantos agudos (origen coluvial) por sobre las que presentan bordes redondeados (origen aluvial), en orden a que las primeras importan mayores restricciones al paso de maquinaria y desarrollo radicular.

Cabe destacar que dada la dificultad que presenta el despedrado de suelos, se deberá evaluar si su retiro se efectúa en forma manual, con maquinaria o la combinación de ambas, aspecto que dependerá del tipo y magnitud de la pedregosidad superficial a retirar.

Adicionalmente, en este escenario de remediación cobran importancia dos aspectos que se deben prever, y que dicen relación con la profundidad efectiva que presentará el suelo una vez establecida la acción, y el sitio o área donde se dispondrá el material retirado.

De igual manera a los casos precedentes, se deberá prever la potencial compactación del suelo por el excesivo paso de maquinaria, lo que requerirá el paso de subsolado, pudiendo aflorar nueva pedregosidad.

#### 3.4.4. Drenaje

Como se establece en la Tabla 3.2, para efectos de lograr la modificación en la Capacidad de Uso desde una Clase IV a una Clase III, bastaría con mejorar la condición de mal drenaje desde una Clase de Drenaje “Pobre” a “Imperfecto”, mientras que en el caso de incrementar la Capacidad de Uso desde una Clase VI a una Clase IV, se requeriría reducir el impedimento desde una Clase de Drenaje “Muy Pobre” a “Pobre”.

Esta acción se puede lograr al implementar una red de drenaje de los suelos, para lo cual existen diferentes metodologías de aproximación y solución a la problemática, atendiendo a las fuentes de recarga y la condición intrínseca del sistema suelo.

Según los criterios que se establecen para la definición de las Clases de Drenaje, las cuales se adjuntan en el Anexo A, el paso de una condición "Pobre" a una condición "Imperfecto", significan que la profundidad efectiva del suelo ó área de exploración de raíces debiera incrementarse desde los 25 a los 60 centímetros de profundidad; en el caso de pasar de una condición "Muy Pobre" a "Pobre", el resultado final debiera ser dejar una superficie libre de, a lo menos, 25 centímetros.

En este método de habilitación, el cual resulta ser el más complejo de evaluar que los 3 anteriormente señalados, el agua subsuperficial debe ser retirada permanentemente, por lo que se debe prestar especial atención a las pendientes de las zanjales de evacuación (de manera de asegurar el flujo continuo), así como a la capacidad de acogida de los cuerpos receptores de las aguas de drenaje (canales, esteros, o cauces en general), especialmente en los meses de mayor precipitación, de manera de asegurar que aguas abajo no se establecen riesgos de inundación o desborde, o se altera significativamente las variables y dependencias ecológicas inherentes al cauce receptor. De igual manera se debe prever los requerimientos de limpieza, así como los eventuales requerimientos de cambio en la sección conductora.

Cabe resaltar que es fundamental reconocer, para el correcto diseño, la o las causas que provocan el desarrollo de problemas de drenaje. Para esto se debe considerar evaluar:

- Viabilidad del proyecto.
- Topografía de la zona de emplazamiento.
- Cálculos hidráulicos que permitan definir la geometría hidráulica de la obra.
- Cálculos estructurales (equipos y elementos mecánicos necesarios para elevar aguas, cámaras de inspección, puentes y alcantarillas).
- Disposición general de las obras con los respectivos planos de detalle para la ubicación y construcción de la obra.
- Ubicaciones con los respectivos antecedentes y memorias de cálculo.

A lo anterior se deben sumar una serie de estudios específicos, como lo son:

- Estudios topográficos: Recomendándose escalas de 1:50.000 para superficies mayores a 5000 has; 1:25.000 para superficies menores (1.000-2.000 ha); Estudios especiales requieren escala 1:5.000 o mayor; equidistancia 0,5 m (diseño y trazado definitivo), 0.25-0.20 m en terrenos muy planos. Se deberá establecer los P.R. que sea necesario, según Pauta para Estudio de Suelos, (SAG, Marzo de 2001).
- Estudio de suelos detallado, a escala 1:10.000.
- Estudios de Salinidad, si es necesario
- Estudio de niveles freáticos y piezométricos (determinación de conductividad hidráulica  $k$  y porosidad drenable; Planos de equipotenciales,

- de isoprofundidad, de fluctuaciones del NF, de conductividad hidráulica; Profundidad de la napa; Recarga por lluvia, riego y/o filtraciones)
- Diseño de drenes superficiales (Distanciamiento entre drenes, caudales, trazado); Diseño de drenes sub superficiales (Distanciamiento y profundidad de drenes, recarga hidráulica, profundidad a la estrata impermeable, cálculo hidráulico de laterales y colectores: caudales, diámetro de tuberías, disposición de la red de drenaje, envolventes, estructuras de salida, estructuras de conexión, cámaras de inspección).

#### 4. Planes de Medidas de Mejoramiento (Evaluación previa)

La presentación de un proyecto de mejoramiento de suelos, independientemente del origen de la intervención, requerirá que este adjunte un conjunto de antecedentes que permita evaluar su real factibilidad de recuperación o habilitación.

Al respecto, es necesario realizar estudios que dicen relación con la topografía del sitio seleccionado para la ejecución del proyecto (levantamiento topográfico), así como los aspectos agrológicos asociados (estudio de los suelos), donde se determinan las características físico-morfológicas del o los perfiles de suelo de interés.

##### 4.1. Levantamiento Topográfico

El proyecto deberá desarrollar un estudio de la topografía que caracterice al área de proyecto, el cual deberá ser realizado y presentado a una escala adecuada, según sea la superficie a intervenir, en lo factible con curvas de nivel cada 0,50 metros o inferior, y que permita visualizar la totalidad de las singularidades del área (accidentes naturales o artificiales).

Se propone que las escalas de trabajo y presentación se ajusten a la pauta que se presenta en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1**  
**Escala de Terreno y presentación para Levantamiento Topográfico, según Área cubierta**

Superficie del Área a Intervenir (ha)	Escala de Terreno
<1,0	1 : 200
1,0 – 10,0	1 : 500
10,0 – 50,0	1 : 1.000
50,0 – 100,0	1 : 5.000
> 100,0	1 : 10.000

El levantamiento topográfico deberá definir e incluir, por lo tanto, la pendiente (ya sea esta simple o compuesta); los perfiles (ya sea longitudinales y/o transversales) que permitan la definición de una relación adecuada de cortes y rellenos, y la magnitud de los movimientos de tierra en la eventualidad que estos sean necesarios en el área intervenida. Además, deberá determinar las elevaciones del terreno, las curvas de nivel que permitan diferenciar sectores y/o terrazas, la delimitación de caminos de acceso o de tráfico, así como la presencia de infraestructura existente, tanto para las obras de ejecución como también aquella requerida por el proyecto.

#### **4.2. Estudio Agrológico de los Suelos a Intervenir**

El proyecto deberá desarrollar un estudio agrológico a una escala mínima 1:10.000 (con observaciones distanciadas 100 m una de otra), el cual deberá ser presentado a una escala que permita visualizar con claridad, las diferentes Series y Fases de Suelo identificadas. Se deberá elaborar un mapa básico de suelo usando los planos topográficos levantados.

Deberá incluirse también la superficie del área o zona que se intervendrá y/o compensará, indicando los deslindes correspondientes. Además, deberán indicarse las coordenadas de referencia geográfica de la ubicación del proyecto (DATUM y UTM) y referencias en relación a Localidad, Comuna, Provincia y Región.

Las unidades cartográficas deberán ser caracterizadas por medio de perfiles modales, empleándose para ello los criterios establecidos en la “Pauta para Estudios de Suelos” elaborada por el SAG en marzo de 2001.

La sugerencia de caracterizar cada una de las unidades cartográficas presentes, dice relación (en muchos casos) con la escasa superficie asociada a la intervención, lo que muchas veces hace que el concepto de Serie no tenga sentido, ya que conceptualmente esta corresponde a la agrupación de unidades cartográficas que poseen elementos en común. En este sentido, la propuesta dice relación con la necesidad de caracterizar aquellas unidades que efectivamente sufrirán el impacto, y que eventualmente, pudiesen significar una recuperación diferenciada, y que no necesariamente quedarán representadas por la Serie de Suelos.

El estudio agrológico debe incluir mapas interpretativos de la Clase de Capacidad de Uso de los Suelos, los cuales también deberán ser presentados en un plano, a igual escala.

#### **4.3. Caracterización Físico – Morfológica del Suelo**

Con la finalidad de determinar las características del suelo antes de la intervención, Cada una de las Fases de Suelo reconocida, deberá ser caracterizada agrológicamente. Dicha acción se realizará mediante la observación de calicatas y muestreo de los horizontes o estratos presentes en él.

La caracterización físico-morfológica, deberá incluir Profundidad efectiva, textura, y estructura, porosidad, color, etc, de acuerdo, a lo establecido en la Pauta para Estudio de Suelos, (SAG, Marzo de 2001).

#### **4.4. Otros Antecedentes**

Por otra parte, y en forma complementaria al tema suelos, el proyecto deberá incluir antecedentes sobre el recurso hídrico, cuando corresponda, para lo cual se debe especificar la red hídrica asociada a cauces de aguas naturales y artificiales. Además de

debe señalar (si existe) el sistema de riego que se emplea y aquel que se verificará a futuro, así como la fuente de abastecimiento.

## **5. Planes de Medidas de Intervención (Evaluación durante)**

### **5.1. Definición de Hitos Relevantes**

#### **5.1.1. Profundidad Efectiva**

Con respecto a la profundidad efectiva, bajo la modalidad de nivelación, el proyecto deberá establecer las etapas relevantes de las acciones de campo, en función de aspectos tales como:

- Levantamiento topográfico de nivelación, y cálculo de corte y relleno,
- Replanteo y estacado de zonas de corte / relleno,
- Movimiento de tierra asociado a corte / relleno,
- Corte de material en áreas de empréstito,
- Acopio de material de relleno, (en el caso de requerirse)
- Disposición de material de relleno (esparcido y nivelación),
- Levantamiento topográfico final de nivelación, para corregir imperfecciones.

#### **5.1.2. Pendiente**

Con respecto a la pendiente, el proyecto deberá establecer las etapas relevantes de las acciones de campo, en función de aspectos tales como:

- Levantamiento topográfico de nivelación.
- Replanteo y estacado de zonas de corte / relleno,
- Movimiento de tierra asociado a corte / relleno,
- Verificación de profundidad y pendientes límites (calicatas y uso de nivel topográfico),
- Corte de material en áreas de empréstito,
- Acopio de material de relleno (en el caso de requerirse)
- Levantamiento topográfico final de nivelación, para corregir imperfecciones

#### **5.1.3. Pedregosidad**

Con respecto al despedrado, el proyecto deberá establecer las etapas relevantes de las acciones de campo, en función de aspectos tales como:

- Retiro de la pedregosidad superficial
- Carguío,
- Transporte interno,
- Depósito de material pétreo extraído en botadero previamente definido.



#### 5.1.4. Drenaje

Con respecto al drenaje, el proyecto deberá establecer las etapas relevantes de las acciones de campo, en función de aspectos tales como:

- Levantamiento topográfico de nivelación,
- Diseño del sistema de drenaje (canales, drenes, etc.),
- Replanteo sistema de drenaje,
- Excavación de zanjas,
- Reperfilamiento topográfico y manual,
- Instalación de cama de arena y ripio (si corresponde),
- Instalación de tuberías (si corresponde). Si estas son perforadas se debe considerar su cubrimiento con geotextil
- Confección de cámaras de observación,
- Tapado de zanjas,
- Eliminación del material suelo sobrante,
- Intervención de cauces de evacuación.

#### 5.2. Presentación de Informes

La presentación del proyecto deberá considerar los antecedentes generales relacionadas al proyecto y deberá ceñirse a las Pautas Generales para la Presentación de Proyectos de Mejoramiento abordadas en el capítulo 7 de este Informe. La presentación de informes se realizará toda vez que se cumpla con las etapas de intervención (evaluación durante) y de seguimiento.

## 6. Planes de Medidas de Seguimiento

Se deberá comprometer y presentar un Plan de Medidas de Seguimiento de aquellas variables de intervención más significativas.

### 6.1. Parámetros Físicos

Dentro de las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la aptitud del suelo, destacan aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros.

No obstante lo anterior, y atendiendo al tenor de las modificaciones impuestas por los tipos de proyectos en evaluación, se proponen que las características físicas a evaluar como indicadores del mejoramiento de su calidad, queden restringidas a la estructura y la profundidad del suelo.

Los indicadores señalados, se presentan a continuación.

- ✓ Estructura: Permite realizar inferencias acerca del movimiento del agua y del aire a través del perfil. Mientras mejor estructurado esté el suelo, la proporción entre poros grandes y pequeños se optimiza, favoreciéndose las condiciones de intercambio gaseoso e hídrico.

Su evaluación se debe hacer en forma directa en el perfil de suelo.

- ✓ Profundidad efectiva: La profundidad del suelo se ha definido en función de la profundidad que alcanza el sistema radical de las distintas especies cultivadas a capas limitantes y contrastantes, y de la productividad potencial del cultivo establecido o que se desea establecer.

Su evaluación se debe hacer en forma directa en el perfil de suelo mediante calicatas, por suma de los espesores de las diferentes estratas u horizontes presentes, hasta la presencia de la zona restrictiva.

## **6.2. Parámetros Químicos**

Este análisis debe ser realizado en laboratorio (regularmente se ofrece en forma conjunta), el cual concluye con una propuesta nutricional para las especies a cultivar

## **6.3. Número y Frecuencia**

Se deberá proponer observaciones agrológicas de control, con una frecuencia a determinar, según la naturaleza del proyecto.

## **6.4. Manejo de la fertilidad del suelo rehabilitado**

Se deberá buscar y aplicar dosis de corrección basal en suelos deficitarios para alcanzar los niveles en ppm de los macronutrientes NPK. Además, el titular del proyecto deberá hacerse cargo de la fertilización de mantención, aquella necesaria para cubrir las pérdidas por extracción del cultivo, mediante un análisis de fertilidad.

## **6.5. Uso futuro (cultivos, praderas, frutales, uso alternativo)**

En la implementación de un plan de recuperación de suelos se podrá considerar de acuerdo a las características del proyecto:

- Cultivos en contorno, donde la labranza y siembra se efectúan siguiendo las curvas de nivel del terreno, si las pendientes del suelo recuperado así lo requieren.
- Cultivos en fajas, que consiste en alternar cultivos de cobertura densa (praderas) con fajas de cereales o cultivos escardados.
- Sistemas de terrazas, que son estructuras integradas por un canal y un camellón, construidas en contorno con o sin gradiente, destinados a interceptar el escurrimiento superficial de una ladera y su conducción a velocidades no erosivas hacia colectores protegidos. Dentro de este sistema es posible encontrar:
  - Terrazas en contorno, que siguen las curvas de nivel (difícil de operar en términos de labranza y manejo de los cultivos)
  - Terrazas paralelas, de ancho uniforme y con costos superiores a las terrazas de contorno. Aconsejables para en agricultura de alta productividad y con uso intenso de maquinaria.
- Praderas cuyo objetivo es establecer o regenerar una cubierta vegetal permanente en suelos degradados.

Independientemente de lo anteriormente expuesto, se deberán favorecer aquellas acciones que tiendan a la conservación de suelos vía utilización de métodos y aplicación de prácticas que mejoren las propiedades y eviten las pérdidas físicas de los suelos, tales como labranza cero o mínima labranza, incorporación de rastrojos, labranza en contorno, estabilización para control de dunas, zanjas de infiltración, aplicación de materia orgánica, compost u otras.

Adicionalmente, se deberá considerar la delimitación de los deslindes del proyecto con cercos perimetrales, de manera de evitar el ingreso de animales domésticos o intervención de terceros.

## **7. Pautas Generales para la Presentación de Proyectos de Mejoramiento**

Todos los proyectos señalados o definidos en el presente Informe como generadores de Impacto Potencial al Recurso Suelo, deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de acuerdo a lo indicado en el Artículo 10º de la Ley N° 19.300 y en el DS 95/01.

No obstante lo anterior, todos aquellos proyectos que, por envergadura, no califiquen en su ingreso al SEIA, deberán presentar los antecedentes pertinentes al SAG, en orden al cumplimiento de la normativa asociada al “Cambio de Uso de los Suelos”.

En ambos casos, el “Plan de Medidas de Mejoramiento de Suelos de Aptitud Agropecuaria” que se deberá presentar a la Autoridad, debe contener los siguientes antecedentes administrativos y técnicos.

### **7.1. Antecedentes Generales del Predio**

#### **7.1.1. Del titular**

En el caso que la empresa que presenta el proyecto sea propietaria de los terrenos superficiales donde se realizará la intervención, se deberán adjuntar los siguientes antecedentes:

- antecedentes generales y del representante legal o empresa,
- individualización del o los propietarios del predio,
- nombre completo,
- cédula de identidad,
- dirección postal,
- teléfono,
- fax y,
- correo electrónico, si corresponde.

En la eventualidad de que los terrenos intervenidos y/o propuestos para la compensación no pertenezcan a la empresa, se deberá adjuntar adicionalmente:

- individualización del o los propietarios del terreno,
- nombre completo,
- cédula de identidad,
- dirección postal,
- teléfono,
- fax,
- correo electrónico
- carta simple de aceptación de la intervención por parte del propietario.

#### 7.1.2. Del predio a recuperar:

Con respecto a la propiedad a intervenir y/o propuesto para la compensación se deberá adjuntar:

- individualización escrita y plano firmado (por el profesional que lo ejecutó), del predio o parte del predio que será objeto del Plan,
- escala de trabajo y presentación
- superficie total y propuesta para la intervención,
- individualización de las propiedades que sirven como deslindes,
- ubicación de la propiedad en coordenadas UTM, señalando localidad, comuna, y región.
- Rol de avalúo del Servicio de Impuestos Internos,
- copia del certificado de inscripción de dominio vigente,
- copia del certificado de inscripción de dominio de los derechos de agua, según corresponda.

### 7.2. Antecedentes Comunes a los Planes de Recuperación

#### 7.2.1. Topografía

Se deberá elaborar un Plano topográfico de la superficie de suelo a recuperar o intervenir, que contenga a lo menos los elementos señalados en el acápite 4.1. Este plano servirá además, como mapa básico a los otros planos requeridos.

Este plano deberá considerar:

- escala de trabajo y presentación adecuada,
- curvas de nivel apropiadas, idealmente separadas cada 50 cm.,
- perfiles longitudinales, y transversales, (a distancias equidistantes uno de otro)
- ubicación de los caminos de acceso al predio,
- cursos de agua, naturales o artificiales (ríos, esteros, canales, etc.),
- infraestructura predial existente (riego, drenaje, tranque, etc.)
- Identificación georeferenciada de PR

#### 7.2.2. Estudio agrológico

Se deberá elaborar un Estudio agrológico del suelo a recuperar o intervenir, que contenga a lo menos los elementos señalados en el acápite 4.2.

Tanto para un Plan de Recuperación como un Plan de Compensación, se deberá elaborar un estudio de las características agrológicas del suelo del terreno intervenido para su posterior recuperación, en función al suelo y su de la Clase Capacidad Uso de Suelo.

A modo de resumen, el estudio agrológico deberá considerar:

- una escala de trabajo en terreno 1:10.000,
- una escala de presentación de planos adecuada,
- una caracterización detallada de las Series y Fases de Suelo presentes, de acuerdo a Pauta para Estudio de Suelo (SAG, 2001),
- la Clasificación de los Suelos según Clases de Capacidad de Uso,
- la Clasificación Interpretativa en Clases de Drenaje, Categoría de Regadío y Aptitud Frutal,

#### 7.2.3. Cartografía

Se deberá presentar un plano básico de suelos, realizado a una escala de terreno 1:10.000, donde se representen las Series y Fases de Suelo presentes, que incluya la Clase Capacidad Uso de cada una de ellas, señalando las características del suelo natural y las previstas después de la recuperación. Conjuntamente con lo anterior, se deberán presentar los mapas interpretativos asociados, a igual escala.

#### 7.2.4. Uso de la tierra

Se deberá describir cual es y será el uso actual y final del terreno a recuperar. Dado que la re-habilitación o compensación se circunscribe a suelos agropecuarios, se deberá indicar claramente:

- las especies a cultivar,
- la, ficha técnica de cada cultivo
- las técnicas de riego a implementar (si corresponde a agricultura de riego)

#### 7.2.5. Identificación de la o las Limitantes Propuestas a Mejorar

Se deberá señalar detalladamente la o las limitantes que se contempla mejorar como parte del proyecto de intervención y/o compensación de suelos.

### **7.3. Planes de Recuperación Particulares**

#### **7.3.1. Relleno de suelos**

Aquellos proyectos que requieran relleno para el acondicionamiento de la profundidad efectiva de los suelos, deberán indicar para la fase de acopio:

- el origen del material de relleno (para la capa arable y estratas profundas),
- volumen que va a utilizar (superficial y sub-superficialmente) en m<sup>3</sup>,

#### **7.3.2. Nivelación de suelos**

Aquellos proyectos que comprometan nivelación de suelos, deberán señalar:

- las pendientes basales y finales de cada uno de los cuarteles de diseño,
- su orientación,
- las condiciones previstas para la evacuación de aguas lluvia,
- diagrama de sistema de riego, si corresponde.

En el caso particular de la confección de terraza, se deberá señalar además:

- los taludes que se establecerán (ángulos o pendiente de inclinación con una representación gráfica de los perfiles de los taludes),
- los elementos o materiales para efectos de protección de los taludes, si corresponde (teniendo presente que se deben ocupar materiales de otra naturaleza, como pircas, postes, geo-mantas, etc).

#### **7.3.3. Despedrado de suelos**

Aquellos proyectos que comprometan despedrado de suelos, deberán señalar:

- Porcentaje o volumen previsto de despedrado (señalar,
- lugar de acopio o disposición del material extraído,
- todos aquellos elementos requeridos en el acápite 7.3.2, asociado a una nivelación posterior.

#### **7.3.4. Drenaje de suelos**

Aquellos proyectos que comprometan drenaje de suelos, deberán señalar:

- características hidrológicas de área,
- características hidráulicas del suelo,



- profundidad del nivel freático existente,
- sistema de drenaje a construir,
- distancia entre drenes,
- profundidad del nivel freático proyectado,
- pendientes de evacuación,
- destino de las aguas de drenaje,
- interferencias aguas abajo.

Sin perjuicio de lo anterior, y en forma independiente a los requerimientos de ingreso del proyecto integral al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) estipulado en la Ley N° 19.300, se deberá evaluar la pertinencia de ingreso al SEIA del proyecto de drenaje en particular, atendiendo a lo estipulado en el Artículo 3, letras a2, a3 y a4 del DS 95/2001, “Modifica Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”.

#### **7.4. Prevención de la Contaminación**

El proyecto deberá prever en todo momento, medidas de prevención de la contaminación en y hacia el entorno, y que digan relación con el “Cumplimiento de la Normativa Vigente”. Para ello deberá dar especial énfasis a:

- mantención de máquinas
- evitar quema de maderas y basuras
- la emisión de polvo sedimentable (PM10),
- derrames de aceites y combustible (Normativa SISS),
- manejo de aguas servidas y residuos sólidos domésticos (Código Sanitario).

#### **7.5. Compromiso de Seguimiento**

El proyecto deberá comprometer un seguimiento a variables físicas y químicas de carácter relevantes al proyecto, de manera de establecer en el tiempo, la efectividad de las medidas adoptadas en el cumplimiento de la re-habilitación y/o compensación.

## 8. Bibliografía.

- Alcayaga, Sergio Reconocimiento de Suelos. Programa de Post-grado en Ciencias Vegetales. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 1983. 173 páginas.
- Bautista, C. A. et al La Calidad del Suelo y sus Indicadores. 2004. In: <http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>
- Benavides, Carlos Modificación de Perfiles de Suelo. pp. 93-110. In: Manejo de Suelos en Huertos Frutales. N. Fritsch et al. (Eds.). Publicaciones Misceláneas Agrícolas Nº 35. Departamento de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 1991. 349 p.
- Benavides, Carlos Propiedades Físicas de los Suelos Tema II. En: Diseño de Proyectos de Riego y Drenaje. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Ingeniería y Suelos. 1995.
- Casanova, Manuel Manejos Estimulados y Rechazados de Uso del Suelo. pp. 60-76. In: Simposio Proyecto Ley de Protección de Suelo. Boletín Nº 14. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo-CONAMA. 2000. 222 p.
- Castro, Hernán Notas de construcción. Colección Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. Programa Editorial Universidad del Valle, Colombia. In: <http://books.google.cl/books?vid=ISBN9586703347&id=YB1laY16qJoC&pg=RA1-PA46&lpg=RA1-PA46&ots=6HlrM8TnOz&dq=esponjamiento+de+suelos&sig=UbXsobYL1tCVv6FIWTfEns6EWzo#PRA1-PA47,M1>
- Cámara Chilena de la Construcción Industria del Árido en Chile. Tomo I: Sistematización de Antecedentes Técnicos y Ambientales. Comisión Nacional de Áridos. Corporación de Desarrollo Tecnológico. Convenio MOP-MINVU-CChC. Santiago-Chile. 2001. 315 p.
- Cámara Chilena de la Construcción: Industria del Árido en Chile. Tomo II: Régimen Legal. Comisión Nacional de Áridos. Corporación de Desarrollo Tecnológico. Convenio MOP-MINVU-CChC. Santiago-Chile. 2001. 220 p.
- CIREN-CORFO Manual de Procedimientos y Normas Técnicas. Estudios Agrológicos. Septiembre de 1990.
- CONAMA Propuesta: Plan Nacional de Conservación de Suelos. Santiago-Chile. 1994. 102 p.

CONAMA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Búsqueda de Proyectos. Disponible en: <a href="http://www.e-seia.cl/busqueda/buscarProyecto.php">http://www.e-seia.cl/busqueda/buscarProyecto.php</a>
Cummings, David	Environmental Guidelines for Sand and Gravel Extraction. Landcare Notes. Department of Natural Resources and Environment. State of Victoria, Australia. 1999.
Decreto Alcaldicio 487	Ordenanza Local para la Extracción, Procesamiento, Comercialización y Transporte de Áridos en o desde Pozos Lastreros en la Comuna de Punta Arenas. Municipalidad de Punta Arenas. 25 de marzo de 2003.
FAO 5	Indicadores de la Calidad de la Tierra y su Uso para la Agricultura Sostenible y el Desarrollo Rural. Boletín FAO de Tierras y Aguas 5. In: <a href="http://www.fao.org/DOCREP/004/W4745S/w4745s00.htm#toc">http://www.fao.org/DOCREP/004/W4745S/w4745s00.htm#toc</a>
FAO 8	Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas 8. In: <a href="http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita.htm">http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita.htm</a>
INIA	Muestreo de suelos para análisis físico-químico y mapeo de las propiedades del suelo. En: Investigación y Transferencia en Agricultura de Precisión. Ministerio de Agricultura-INIA. Disponible en: <a href="http://www.inia.cl/itap/agr_pre_practicas_muestreo.htm">http://www.inia.cl/itap/agr_pre_practicas_muestreo.htm</a>
Ley N° 19.300	Sobre Bases Generales del Medioambiente. CONAMA, CHILE. 1994.
Luzio, Walter	Historial del Uso del suelo en Chile. pp. 11-20. In: Simposio Proyecto Ley de Protección de suelo. Boletín N° 14. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo-CONAMA. 2000. 222 p.
Martín, José M.	Manual de Topografía Aplicada al Agro. Área Agropecuaria y Forestal N° 102. INACAP. Santiago. 1997. 222 p.
MINAGRI	Pauta de Procedimiento para Autorización de Cambio de Uso del Suelo. Ministerio de Agricultura. Agosto 1999.
MINSEGPRES	DS N° 95: Modifica Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Chile. 2001.
Miranda, Oscar	Preparación de suelos para riego. Nivelación de terrenos. En: Diseño de Proyectos de Riego y Drenaje. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Ingeniería y Suelos. 1995.

- Miranda, Oscar Nivelación de Terrenos para Plantaciones Frutales. pp. 39-51. In: Manejo de Suelos en Huertos Frutales. N. Fritsch et al. (Eds.). Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 35. Departamento de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 1991. 349 p.
- NRSC Programa de Seguridad para la Conservación. Manual de Auto-evaluación. Department of Agriculture's (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS), 2005. In: [http://www.pr.nrcs.usda.gov/programs/CSP/Manual/html/info\\_manual.html](http://www.pr.nrcs.usda.gov/programs/CSP/Manual/html/info_manual.html)
- Ortega, Leopoldo Normas técnicas para la construcción de obras de drenaje superficial. Proyecto: Estudio de investigación y validación de tecnología de drenaje en la IX, X y XI regiones. CNR-INIA. Osorno, Septiembre 1997. 37 p.
- Principado de Asturias BOPA N°294. Consejería de Medio Ambiente. Boletín Oficial del Principado de Asturias, España. Diciembre, 2002. Disponible en: [http://www6.uniovi.es/bopa/2002/12/16164\\_01.htm](http://www6.uniovi.es/bopa/2002/12/16164_01.htm)
- Richards, L. A. et al Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual de Agricultura N°60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 1954. 172 páginas.
- Sadzawka, A. Propiedades Físico-Químicas de los Suelos. I: Reacción (pH), acidez y alcalinidad. pp. 91-127. In: Avances en el Conocimiento de los Suelos de Chile. Luzio, W. y Casanova, M. (Eds.). Santiago - Chile. 2006. 393 páginas.
- SAG. Pauta para Estudio de Suelos. Departamento de Protección de Recursos Naturales Renovables – SAG. Marzo 2001.
- SAG. Antecedentes técnico-ambientales que deben tener la memoria o el estudio técnico (para el cambio de uso del suelo). In: [http://www.sag.gob.cl/portal/page?\\_pageid=168,293786&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.sag.gob.cl/portal/page?_pageid=168,293786&_dad=portal&_schema=PORTAL). Leído Enero de 2007.
- Salgado, Luis Manual de Estándares Técnicos y Económicos para Obras de Drenaje. Ministerio de Agricultura – Comisión Nacional de Riego. Mayo 2000. 314 páginas.
- Universidad de Chile Suelos, una Visión Actualizada del Recurso. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. Segunda Edición. Universidad de Chile – Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ingeniería y Suelos. Santiago, Chile, 1994. 345 páginas.