

CONSTRUCCION DE ESTANQUES Y DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS PARA CULTIVOS DE PECES * – Parte 2.

Extractado y adaptado por Dirección de Acuicultura, de : Panorama da Aquicultura , Vol.12, nº 73, sept/oct, 2002) Autores: Eduardo Akifumi Ono, Joao Campos, Fernando Kubitza.

* Puede aplicarse además a cultivos de camarones y/o langostas de agua dulce.

Antes de iniciar la construcción de los estanques deben cumplirse varias etapas preliminares. La selección del sitio o área, las consultas por las regulaciones provinciales y nacionales, el relevamiento topográfico (planialtimétrico), el dimensionamiento y estudio de la distribución ("lay out") de los estanques y de las estructuras hidráulicas ; así como la obtención de las autorizaciones correspondientes a la implantación de un proyecto acuícola.

El "lay out" de la piscicultura y el diseño de los estanques

En el estudio y definición de "lay out" (planificación y diseño) de un proyecto acuícola debe prevalecer el buen sentido, dado que debe proyectarse y construirse atendiendo a los objetivos específicos de un emprendimiento determinado, operando durante varias décadas y no sólo para algunas cosechas. Los principales factores que influyen el "lay out" del emprendimiento y el diseño de los estanques son:

- el tamaño y la forma del área disponible para la implantación del proyecto;
- la topografía del área, el tipo de suelo o algunas restricciones en la construcción del área seleccionada (por ejemplo, algunos sitios con rocas o terrenos anegados);
- la posibilidad de aprovechamiento de la infraestructura ya existente en la propiedad (canales, diques, drenajes, depósitos, caminos, líneas de energía, etc);
- el sistema de cultivo y el grado de mecanización de las principales operaciones de rutina (alimentación, cosechas y transferencias de peces);
- las características de los peces que serán cultivados (por ejemplo, su facilidad de captura),
- el clima local que puede exigir el uso de estanques más profundos, para impedir que la temperatura del agua oscile bruscamente ;
- las restricciones en cuanto a disponibilidad de agua, que obliga a la construcción de estructuras tales, como canales o estanques o tanques de recepción, que posibiliten la acumulación del agua de drenaje y su re-aprovechamiento para abastecimiento a los estanques;
- la planificación de la producción y las metas de comercialización de los productos, factores muy importantes en la definición del tamaño y del número necesario de estanques;
- la disponibilidad de recursos económicos para la implantación del proyecto;
- las restricciones ambientales que pueden exigir el control o el tratamiento de los efluentes, hasta la adopción de medidas para evitar el escape de los organismos;
- la presencia de predadores y los riesgos de robo y vandalismo.

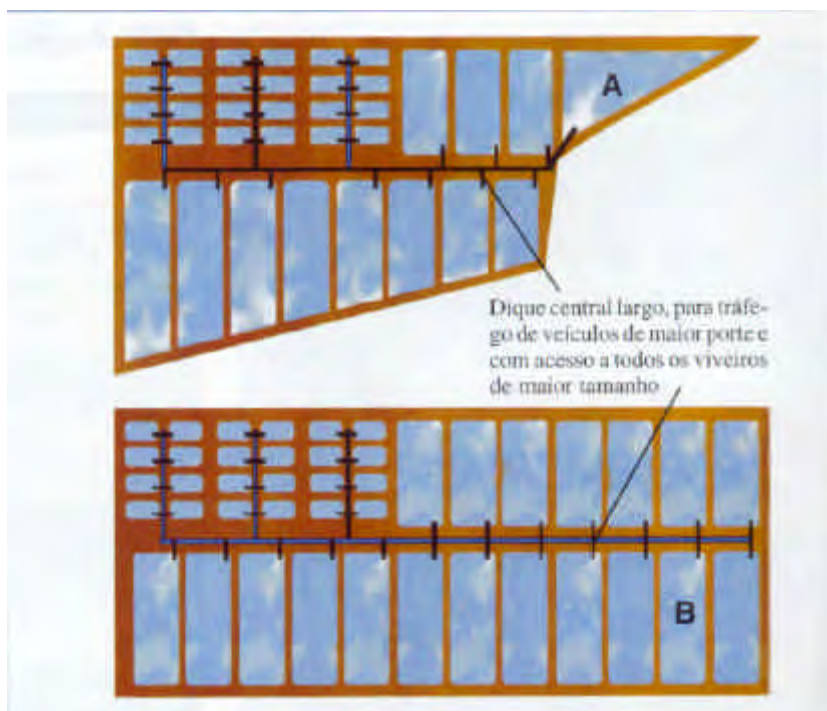


Objetivos de estudio y definición de "lay out" de un emprendimiento

- El mejor aprovechamiento del área y la reducción de los costos de implantación de un proyecto, se obtienen con una adecuada construcción de los estanques, para optimización de los cortes y del movimiento de tierra;
- El dimensionamiento más adecuado y la mejor localización de las estructuras hidráulicas de abastecimiento y escurrimiento, así como también de las redes eléctricas que se necesiten para acoplar aireadores;
- Una mayor facilidad operacional, obtenida a través de la estandarización de las dimensiones de los estanques, posibilitando el uso más eficiente de los equipos (por ejemplo, redes), así como también la estandarización de las siembras, del manejo alimentario y de los equipamientos y procedimientos para las transferencias internas de los peces, reduciendo los errores y facilitando las tareas;
- Una mayor durabilidad de las estructuras, estableciendo por ejemplo, inclinaciones adecuadas para los taludes y anchos mínimos de los coronamientos, de modo que éstos, soporten la acción erosiva durante su uso y posibiliten además, el tráfico seguro de vehículos.

Tamaño y formato de los estanques

Las dimensiones ideales de los estanques se establecen según la planificación efectuada previamente y las fases de producción. El tamaño y el formato de los mismos se ajustan para su optimización y aprovechamiento del área disponible para la construcción (Figura 1)



Dirección de Acuicultura
Paseo Colón 982 - Anexo Jardín - Capital Federal
lluchi@sagpya.minproduccion.gov.ar

Figura 1. Ejemplo de distribución de los estanques en áreas de formato (A) irregular, (B) regular. En la disposición B se observa la existencia de un coronamiento central más ancho (6 u 8 metros) que posibilita el acceso de camiones a los estanques mayores. A lo largo de éste se encuentra tendida la red principal de abastecimiento del agua, de la que derivan las redes secundarias que abastecen a su vez, a los estanques menores. Se recomienda que los estanques tengan un formato y dimensión, en lo posible, estándar, dentro de cada uno de los sectores del emprendimiento. Estanques de formato irregular, solamente deben proyectarse cuando existe necesidad de un mejor aprovechamiento del sitio.

No existe una regla general para establecer el tamaño de los estanques en las diferentes fases del cultivo. Ello dependerá tanto de la topografía, del formato y tamaño del terreno, como de la escala y planificación de la producción. Algunos pequeños productores, por ejemplo, recrían y finalizan los peces en estanques de 1.000 m² o menos, mientras que los grandes productores de alevinos llegan a utilizar estanques con más de 10.000m² para la producción de postlarvas y de alevinos. Para fines prácticos, estanques entre 500 y 2.000m² son adecuados para la larvicultura y el alevinaje; estanques entre 2.000 y 5.000m² son de buen tamaño para la producción de juveniles (recria o pre-engorde); los estanques de terminación (engorde final) generalmente poseen entre 5.000 y 20.000m². Pueden utilizarse estanques mayores, pero exigen la mecanización, tanto durante la alimentación como en la cosecha. En Estados Unidos, se usan estanques de 4 hectáreas como el modelo de las grandes pisciculturas de recria y terminación del bagre del canal y del striped bass. (Foto 1)



Foto 1: Estanques de 4 hectáreas de una piscicultura de "striped bass" en los Estados Unidos. Se observa el borde libre con gramilla y la inclinación suave de los taludes. El tope del coronamiento es ancho y suficiente para el tráfico seguro de camiones pesados. Nótese la red de energía de soporte a los aeradores de 10 HP instalados en los estanques y funcionando.

Algunas consideraciones sobre el tamaño y formato de los estanques

- cuanto más se acerquen al formato cuadrado, menor será el perímetro del estanque, por lo tanto, menor el volumen de tierra necesario para construir los taludes;



- la construcción de varios estanques es más cara y demanda más área que la construcción de un solo y gran estanque. Sin embargo, la rutina de producción, también es más simple con un número menor de estanques;
- dentro de un determinado sector conviene estandarizar el ancho de los estanques, posibilitando así, el uso de las mismas redes, la práctica de iguales densidades de siembra, el uso de los mismos equipos de aireación, etc;
- estanques muy anchos demandan redes muy anchas y más pesadas, exigiendo un mayor número de operarios en su arrastre, al igual que en la mecanización de la cosecha.

Profundidad de los estanques y declive del fondo

En sitios planos, los estanques deben mantener una profundidad de agua de por lo menos 1,0m, para evitar el fácil desarrollo de plantas acuáticas y algas filamentosas, que puedan dificultar el acceso de los organismos al alimento, perjudicar las cosechas y ocasionar problemas en la calidad del agua. Las áreas más profundas de los estanques deberán poseer entre 1,50 y 2,50m. Deben evitarse las profundidades por encima de los 3,00m, ya que favorecen la estratificación térmica del agua y promueve la formación de zonas anaeróbicas (sin oxígeno) en el fondo de los mismos; especialmente en sistemas de cultivo que trabajan sin renovación de agua, o asimismo, con limitados recambios de ella. Cuanto más profundo sea el estanque, mayor será el movimiento de tierra durante la construcción. De esta forma, la construcción de estanques muy profundos encarece demasiado la obra, sin traer grandes beneficios a la producción. La profundidad del agua debe aumentarse en los bordes libres de los taludes. Esta varía de acuerdo con el tamaño de las olas que forme el viento (que generalmente es proporcional al tamaño de los estanques) y la flexibilidad deseada para el almacenamiento extra de agua (factor importante en algunas situaciones). Cuanto mayor es el estanque, mayor deberá ser su borde libre. Como sugerencia general, estanques de hasta 5.000m² deben tener un borde libre de entre 0,30 y 0,40m. Estanques entre 2 y 4ha deben tener borde libre entre 0,40 y 0,50m. Estanques con borde libre menor que 0,20m pueden presentar baja estabilidad al tráfico de vehículos, particularmente cuando el tipo de suelo y el trabajo de terraplenado no posibilitó su adecuada compactación. Bordes libres de más de 0,80m no son generalmente necesarios y suman considerables costos de construcción, excepto en casos de embalsados que reciben grandes volúmenes de agua o represas de grandes dimensiones que pueden producir olas mayores. El borde libre de los estanques debe ser inmediatamente plantado con pasto o gramilla fuerte, para reducir la erosión ocasionada por la acción de las olas y lluvias sobre las mismas. La inclinación del fondo del estanque debe estar orientada en el sentido del tubo de drenaje y debe ser suficiente y regulada para evitar la formación de pozos durante su vaciamiento. El posicionamiento del tubo de drenaje, cerca de 10cm por debajo de la cota del fondo del estanque, favorece también el completo drenaje de los mismos. No es posible establecer un declive fijo para los fondos, pues el mismo varía con la profundidad y la longitud del estanque. Por ejemplo, en un estanque con 100m de longitud, 1,20 de profundidad en la parte más plana y 1,60m en la parte más profunda, posee un desnivel en el fondo de 0,40m y un declive de 0,40m/100m o sea 0,4%. En un estanque con la misma profundidad, pero con 50m de longitud, el declive es de 0,8%. Si a la hora de construcción fuera fijado un declive único para el fondo de todos los estanques, por ejemplo, de 0,8%, un estanque con 200m de longitud debería tener un desnivel de 1,60m entre la zona más plana y la más profunda. Así, si la profundidad mínima del estanque fuera de 1,00m, la parte más honda debería tener 2,60m de columna de agua (por fuera del borde libre), lo que aumentaría innecesariamente el costo de construcción, sin beneficio alguno para la producción. Estanques con fondo de pequeño declive (igual o menor a 0,1%) son difíciles de drenarse por completo, pues pequeños errores en el nivelamiento (comunes en la práctica), pueden producir la formación de muchos pozos de agua.

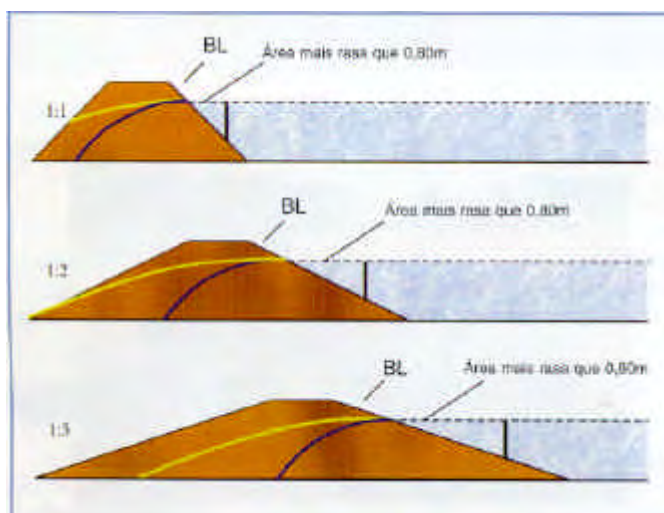


Inclinación de los taludes

La inclinación de los taludes (en la parte interna y externa de los estanques) debe definirse según los siguientes factores:

- **Durabilidad esperada de los diques:** cuanto más suave es la inclinación del talud interno (expuesto al agua), menor será el efecto de erosión de las olas sobre el talud y, en consecuencia, mayor la durabilidad del estanque. En estanques con hasta 5.000m², los taludes internos pueden tener una inclinación mínima de 1:2,5. En estanques mayores, la inclinación mínima debe ser de 1:3. Una inclinación de 1:2,5 o 1:3,0 indica que, por cada metro de altura del talud, el interno se proyecta, respectivamente, 2,5 o 3,0 metros en dirección al centro del estanque (Figura 2)

Figura 2: Diques con la misma altura y ancho de cresta pero con coronamientos de diferente inclinación (1:1, 1:2 y 1:3): La pendiente de los taludes aumenta el volumen de tierra en el cuerpo del dique y el porcentual de áreas más rasas en el estanque. También aumenta el área del borde libre (BL), exigiendo mayor atención en cuanto a protección de esta área con gramilla. Nótese la línea de capilaridad (líneas amarillas – suelo plástico con amplio tenor de arcilla; líneas azules – suelo moderadamente plástico, con mayor porcentual de arena). Los diques construidos en suelos muy plásticos deben presentar una inclinación más suave externamente (por encima de 1:2,5) para que no se produzca drenaje de agua infiltrada sobre el talud. En suelos de plasticidad moderada, la inclinación puede ser más acentuada. El movimiento de tierra y el costo de construcción son mayores cuanto más suave es la inclinación de los taludes; pero estanques con taludes muy suaves suelen presentar problemas de establecimiento de algas y plantas acuáticas en las áreas próximas a sus márgenes.



- **Mantenimiento de los diques o coronamientos:** los taludes externos de los estanques generalmente se protegen con cobertura vegetal (gramilla) que debe ser cortada periódicamente.



Si la poda fuera mecanizada, la inclinación del talud deberá ser de por lo menos 1:3,5. En caso de poda manual, los taludes externos pueden ser más empinados (1:2 o 1:1,5).

- **Textura del suelo:** cuanto mayor sea el porcentaje de arcilla del suelo (suelos más plásticos y con mayor límite líquido), mayor será su capilaridad (capacidad de conducir el agua en sus poros). De esta forma, tanto el largo como el tope del dique, así como la inclinación del talud externo del estanque debe ser suficiente para que no se produzca afloramiento de agua en el talud externo (Figura 2). De manera general, en suelos muy arcillosos la inclinación del talud externo debe ser de 1:2,5 o más suave. En suelos con mayor equilibrio entre arcilla y arena (suelos de media plasticidad y medio límite líquido), la inclinación del talud externo puede ser proyectada a partir de 1:1,5.
- **Facilidad de cosecha:** en estanques con taludes internos muy empinados, se dificultan tanto las cosechas manuales como las mecánicas. La tracción de la red hace que la línea de fondo de ésta se levante en su encuentro con el fondo del estanque, principalmente cuando las redes son tiradas por tractores (cosecha mecanizada). El arrastre manual también se ve perjudicado por la dificultad de los operarios al transitar por los taludes empinados. El pisoteo y el escurrimiento sobre los taludes poco a poco dañan las paredes laterales de los estanques. Además de ello, los taludes internos están expuestos a la acción de erosión de las olas. Por lo tanto, es recomendable que los taludes internos mantengan una inclinación igual o más suave que 1:2. En suelos con más arena (menor plasticidad y agregado de partículas), la inclinación de los taludes internos debe ser aún de 1:3 a 1:3,5.

Ancho del coronamiento

Los diques de los estanques deben permitir el tráfico de vehículos todo el año y con cualquier condición del clima, para evitar atrasos en las rutinas diarias de alimentación, cosechas y transferencias de peces. El ancho máximo de los diques debe ser de 4m, para posibilitar el tráfico de tractores con implementos, acoplados para las actividades rutinarias (arreglo del área, alimentación y transferencia de los organismos, etc.). Si fuera necesario el tráfico de camiones, el ancho mínimo deberá ser de 5m. El ancho de los diques debe ajustarse según el tamaño de los estanques. En estanques mayores, las olas producen una mayor acción erosiva sobre los taludes. De ese modo, para estanques mayores a 2 hectáreas (20.000m²) es recomendable que el ancho de los diques se aumente en 0,5m por cada hectárea y más, de área total del estanque. Por ejemplo, para un estanque de 4 hectáreas, el ancho mínimo del dique que recibirá el tráfico de camiones deberá ser de 7 metros. De esa forma, el estanque podrá ser operado entre 6 a 8 años, hasta que sea necesario hacer el primer mantenimiento (reforma) de los diques. Las esquinas entre los estanques y el ancho de los diques debe ser aumentado, dejando espacio suficiente para que los vehículos puedan realizar maniobras en las curvas o por retornos. Una forma de acceder bien a los estanques es reducir el ancho de los diques, estableciendo diques principales, que serán más anchos (generalmente con 6 a 8 metros) posibilitando el tráfico de vehículos de mayor porte y más pesados, como los camiones que transportan peces vivos. En diques secundarios, con 4 a 5 metros de ancho podrán transitar camionetas, tractores con implementos y carretillas o vehículos convencionales, que dan apoyo a las actividades rutinarias.

En emprendimientos pequeños, el trabajo de producción es casi siempre manual, por lo que no es necesario construir diques con 4,0 o 5,0m de ancho, que resultaría en un desperdicio muy grande de área. El ideal es intentar mantener una relación del 75% entre al área de espejo de agua y el área total disponible para la construcción de los estanques. Por el contrario, diques muy estrechos se destruyen



Dirección de Acuicultura
Paseo Colón 982 - Anexo Jardín - Capital Federal
lluchi@sagpya.minproduccion.gov.ar

rápidamente por la acción erosiva de las olas, de algunos organismos y del pisoteo de los obreros durante las cosechas; exigiendo reparaciones mucho más frecuentes. Los diques deben apisonarse bien, impidiendo la presencia de hoyos y atoladeros, además de dar resistencia a los mismos y una mayor seguridad en el tráfico de vehículos. En emprendimientos pequeños, donde las operaciones son manuales, el tope de los diques generalmente se cubre con gramilla.

Relevantamiento planialtimétrico del área

El relevamiento topográfico planialtimétrico es fundamental para profundizar el estudio del área para la implantación del proyecto. Este, debe ser realizado por un profesional calificado (topógrafo, agrimensor, ingeniero agrónomo o ingeniero civil). El relevamiento planialtimétrico posibilita determinar el formato y la dimensión real del área, así como visualizar las variaciones de nivel del terreno a través del diseño de las curvas de nivel de 0,20 en 0,20m de distancia vertical. En el mapa planialtimétrico deben estar indicadas las cotas (niveles) de referencia de las fuentes de agua de abastecimiento y de los cuerpos receptores del agua que se drena desde los estanques. También deben ser demarcadas todas las posibles limitaciones del terreno, como la presencia de rocas, zanjas, drenajes, árboles, etc. Después del relevamiento planialtimétrico detallado, el profesional o equipo responsable del proyecto podrá:

- iniciar el estudio de ubicación de los estanques, de las calles, sistemas de abastecimiento y drenaje y de las demás instalaciones (el "lay out" del proyecto) y de estanques (tamaño y forma); tratando de aprovechar el área disponible y la eficiente operación del emprendimiento;
- realizar los cálculos de balanceo entre el volumen de tierra removida y de tierra depositada (balance de corte y terraplenado), para minimizar la movilización de material y, en consecuencia, los costos del terraplenado;
- definir aquellas cotas reales en que quedarán los fondos de los estanques, las tabulaciones y canales de abastecimiento, la cota tope de los diques, de las calles y demás estructuras del proyecto;
- indicar si todos los estanques o sectores del emprendimiento podrán ser abastecidos y drenados por gravedad, o si se necesitará bombeo;
- posibilitar el marcado de los estanques y demás instalaciones en el campo, en la forma en que fueron proyectadas en el estudio planialtimétrico;
- realizar los mapas/croquis del proyecto para su presentación a los órganos estatales correspondientes e instituciones financieras.

La implantación del proyecto sin un relevamiento planialtimétrico puede resultar en costos innecesarios de terraplenado, desperdicio de área, inadecuado posicionamiento de los estanques, de los canales y de las tabulaciones entre otros problemas, comprometiendo la operación del emprendimiento.

Trabajo de construcción

Luego que el productor ha aprobado el proyecto y la liberación de los recursos para la implantación del emprendimiento, se puede iniciar el trabajo de construcción que debe ajustarse a las siguientes etapas:

- a) limpieza del área;
- b) ubicación de los estanques, canales, drenajes, reservorios e infraestructura;



Dirección de Acuicultura
Paseo Colón 982 - Anexo Jardín - Capital Federal
lluchi@sagpya.minproduccion.gov.ar

- c) terraplenado (excavación, transporte, corte y compactación de tierra, visualizando el modelo de los estanques, taludes, coronamientos);
- d) Implantación de las estructuras hidráulicas y de las redes de energía;
- e) Recuperación de las áreas degradadas.

Limpieza del área

La limpieza y la preparación del área es fundamental para el inicio de la construcción (Foto 2). La vegetación superficial debe eliminarse, ya que su descomposición puede comprometer la estabilidad de los diques. Para la limpieza se pueden utilizar numerosos métodos. El objetivo es eliminar totalmente la vegetación, pudiendo ser necesario repetir la operación más de una vez. Si la cantidad de vegetación fuera muy grande, después del trabajo puede ser necesario aguardar cerca de un mes, para que la materia orgánica se descomponga y pueda iniciarse la construcción de los estanques. La quema es una forma rápida de eliminar la vegetación superficial. Como la quema no destruye las raíces, esta debe ser seguida de la extracción. Rocas y árboles deben ser removidos fuera del área de la construcción, lo que generalmente se hace con el uso de una retroexcavadora o un tractor. En el caso de que sea imposible remover las rocas fuera del área del proyecto, éstas pueden eventualmente ser enterradas en el medio de los diques, siempre que no ocupen una parte muy significativa de los mismos. Nunca deben ser enterrados árboles y troncos en los diques, pues su descomposición puede formar galerías que facilitarían la infiltración del agua y comprometerían la estabilidad de los diques.

En caso de que la capa superficial del suelo contenga una gran cantidad de material orgánico, debe removerse previo al inicio de la construcción de los diques, pues sus características físicas son inadecuadas (baja capacidad de compactación y agregación), además de que la descomposición del material orgánico podrá desestabilizar los diques o facilitar las infiltraciones. En los lugares donde serán levantados los taludes, la camada orgánica del suelo debe removerse y colocarse de costado para que la base de aquellos se inicie con material de buena calidad. A medida que se forma el talud, es posible mezclar parte de este suelo superficial con suelo de buena calidad en los terraplenes, teniendo cuidado de no formar capas continuas con dicho material. El suelo superficial que se removió podrá ser utilizado en la fase final de los terraplenes, revistiendo los diques con un material de mejor fertilidad que favorezca el establecimiento de las gramíneas en los taludes externos y en el borde de los estanques.



FOTO 2: Área limpia e inicio de los trabajos de terraplenado para la construcción de los estanques.



Dirección de Acuicultura
Paseo Colón 982 - Anexo Jardín - Capital Federal
lluchi@sagpya.minproduccion.gov.ar

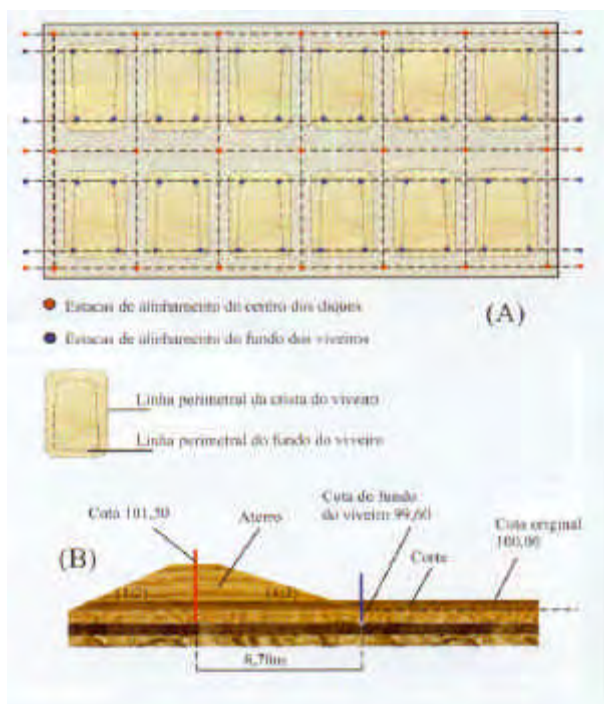
Localización de los estanques, diques, canales y otras estructuras

Con el área limpia puede iniciarse la marcación de los diques. El “lay out” diseñado, junto a la planta del proyecto deberá ser transferido al terreno.

Para ello, es necesario tener en el campo uno o más puntos de referencia, que también debe colocarse en el mapa planialtimétrico. A partir de estos puntos, y siguiendo las distancias y ángulos previstos de la planta, puede realizarse la demarcación de los estanques y los taludes sobre el terreno (colocación de estacas en el área). Existen diferentes maneras de demarcar los estanques y taludes en el campo. Una de las más eficientes es hacer la marcación con estacas, sobre las líneas del centro de los diques y de las intersecciones entre las mismas (Figura 3). Fuera del área de construcción deben colocarse estacas de referencia que posibiliten restaurar el alineamiento de los taludes en caso de que las estacas de las intersecciones se derriben durante el trabajo de construcción.

La manera más eficiente para construir estanques es utilizar tierra extraída del fondo para levantar los taludes, equilibrando el volumen extraído y el volumen de terraplenado.

Figura 3: se observa un “lay out” del proyecto (A) con la construcción de los estanques, el alineamiento central de los diques y sus intersecciones. También se puede observar la marcación y alineado de las líneas perimetrales del fondo de los estanques. Fuera del área de terraplenado deben colocarse las estacas de referencia. En el perfil ilustrado del diseño inferior (B), pueden observarse las zonas de corte y de colocación de tierra y la posición de las estacas en el centro del dique y al pie del talud. Nótese la distancia entre las estacas, conforme fue calculado en el ejemplo presentado. Obsérvese la zona de corte y de colocación de tierra, así como la cota original del terreno, la cota de fondo del estanque y la cota de tope del dique.



A partir de las estacas de las líneas centrales de los diques y una vez hecha la demarcación de las líneas del fondo de los estanques, la colocación de las estacas debe ser realizada en los vértices de la línea perimetral del fondo de los mismos. La distancia entre la línea de centro de los diques y la línea de fondo de los estanques se calcula de la siguiente forma: suponiendo que la altura del talud tiene un ancho de 6,0m, su inclinación interna es de 1:3 y su altura de 1,50m en la parte más rasa y 1,90m en la parte más profunda de los estanques (ya incluido el borde libre); las estacas que marcan los vértices de las líneas de fondo en la parte más rasa de los estanques deberá ser colocada a $(1,50 \times 3) + (6,00/2) = 7,50\text{m}$ de las líneas del centro de los diques.

En el fondo de los estanques las estacas deberán fijarse a $(1,90 \times 3) + (6,00/2) = 8,70\text{m}$ de las líneas de centro de los diques (Figura 3). También deben demarcarse en el campo, las líneas de los canales de abastecimiento, así como los canales internos y caños de drenaje. Marcados estos puntos que delimitan los lugares de corte se puede iniciar el trabajo de terraplenado.

El terraplenado y la construcción de los estanques

La relación entre metros cúbicos extraídos y metros distribuidos, varía principalmente con la característica de compactación del suelo. Generalmente se utiliza una relación corte: aterrado de 1:1 cuando se prevee un buen trabajo de compactación y se retira entre 5 y 10% de suelo superficial. El productor deberá optar por el mejor equipamiento disponible para la construcción de su emprendimiento. Los mejores equipamientos, a pesar de costar más caros por hora trabajada, normalmente tienen un rendimiento que compensa ese costo. Es fundamental exigir operadores de maquinaria bien entrenados con el manejo de su equipo. En casos críticos un operador bien entrenado puede rendir el doble de lo que rinde uno con poca experiencia.

“Scrapers” (o traillas)

El scrapper o trailla, consiste en un equipo que corta y extrae la tierra en láminas, pasándola a una tolva que la acumula en su parte superior, procediéndose posteriormente a su descarga en el sitio seleccionado. Independiente del tamaño de los estanques, el equipamiento más eficiente para la construcción es el “scrapper” tirado por tractores, que realiza la extracción, o transporte para la deposición y la compactación del suelo durante la elevación de los taludes (Fotos 3, 4, 5 y 6). El uso de “scrapers” solamente, no se recomienda cuando el terreno no es firme o suficiente como para soportar el peso del tractor y del equipamiento o cuando el suelo a ser extraído está muy húmedo, ocasionando una pérdida de tracción del tractor. En esos casos, la única opción es utilizar tractores, que poseen mejor tracción y mayor área de soporte. En áreas críticas puede ser necesario el uso de tractores pantaneros.

Los “scrapers” de pequeño porte están provistos de una lámina de extracción cóncava que no permite dar el acabado uniforme al fondo de los estanques. Así, cuando se usa ese tipo de scrapper, el acabado final del fondo de los estanques debe ser realizado con una motoniveladora. Los “scrapers” de mayor porte pueden encontrarse en constructoras y revendedoras de equipos usados. Los “scrapers” son tirados por tractores. Para obtener una buena eficiencia en el terraplenado es fundamental que la potencia del tractor sea adecuada al tamaño del “scrapper”. Se debe también tener en cuenta la textura del suelo en esta ecuación, puesto que los suelos arcillosos exigen mayor potencia de tractor. Por ejemplo, un scrapper de 7m^3 para trabajos en suelos pesados (arcillosos) exige como mínimo, un tractor de 210CV. En suelos más leves, es posible realizar el servicio con tractores de 180CV. Preferentemente, los tractores deben poseer una trocha de 4x4 para disminuir su patinado. En áreas con suelo muy



pesado, la realización previa de un rastrillado en las fajas de extracción, reducirá el esfuerzo del tractor y facilitará la construcción.

El "scapper", usado en forma correcta, promueve la compactación adecuada del coronamiento. El tractor cargado con material extraído del fondo debe subir al dique y transitar sobre éste, hasta el sitio de descarga. La deposición del suelo extraído debe hacerse en camadas uniformes y no superiores a 20cm. La constante repetición de esta operación permite que las ruedas del "scrapper" compacten adecuadamente el dique.

Topadoras

Históricamente, las topadoras han sido los equipos más utilizados en la construcción de los estanques. Ello se debe principalmente a la amplia disponibilidad de este equipo en el campo y a su versatilidad de trabajo. Son eficientes solo cuando el transporte de tierra es inferior a 25m, existiendo una pérdida agravada por el aumento de la distancia. De este modo, en estanques con ancho superior a 50m, su eficiencia se ve comprometida. Debido al modo en que operan, tienden a depositar la tierra para la construcción de los diques en camadas gruesas o montículos que, para ser adecuadamente compactados, deben desparramarse con la lámina hasta un espesor inferior a 20cm. Además de eso, al poseer amplia área de contacto con el suelo no promueven una buena compactación de los diques. Por ello, es necesario el uso de equipo adicional para la compactación, pudiendo tratarse de un rodillo compactador o una pata de cabra. El uso de este tipo de topadora puede ser viable en áreas con suelo pedregoso que inviabiliza el uso de los "scrapers" o traillas. Para áreas muy húmedas, donde los equipamientos tradicionales no pueden operar, se utilizan los tractores de tipo "pantanero", que poseen, zapatas anchas.

Fotos 3, 4, 5 y 6: Construcción de estanques con uso de "scrapper". En la foto 3, el "scrapper" está realizando el corte y el cargamento del suelo del área donde se construirá el fondo del estanque. En la foto 4, el "scrapper" está transportando el material hacia el dique. Foto 5, el "scrapper" sube al dique para iniciar la dispersión del material y con sus ruedas procederá a compactar el suelo. Foto 6, una vista general del dique que está construyéndose. Obsérvese la inclinación suave del talud y el ancho para el transporte.





Retroexcavadora

La retroexcavadora es un equipo versátil, casi siempre presente durante el proceso de construcción de los estanques (Foto 7). Sirve como equipo de apoyo a los equipos que están movilizándolo la tierra bruta, abriendo zanjas, retirando piedras y cargando material, entre otras funciones. Las retroexcavadoras se utilizan en la construcción de canales o en la apertura de zanjas para la colocación de caños. En la construcción de los canales es recomendable que la retroexcavadora tenga un cucharón trapezoidal que abra zanjas de paredes inclinadas, reduciendo el riesgo de desmoronamiento de las paredes de la fosa (Foto 8). Después, en el término de la construcción, se verá si es posible y económicamente justificable, la permanencia de la retroexcavadora en el emprendimiento; ya que es de gran utilidad para servicios de rutina como el cargado y distribución de cal, la cosecha mecanizada, el mantenimiento de las zanjas y los pequeños movimientos de tierra.

Foto 7: Retroexcavadora utilizada para reparar los taludes de un estanque.

Foto 8: Abertura de un canal con una excavadora Poclairn con base de formato trapezoidal.



Foto 7



Foto 8



Cargadoras, excavadoras y camiones basculantes

Las cargadoras y excavadoras hidráulicas no son utilizadas normalmente en la construcción de estanques. Estos equipos son eficientes para excavar y cargar tierra sólo en distancias muy cortas, siendo usadas en conjunto con camiones basculares que transportan el material a distancias mayores. El uso de camiones basculares, excavadoras y cargadoras, se justifica en general, cuando la excavación de tierra para la construcción de los diques tiene que ser hecha en áreas relativamente distantes del sitio de construcción. Mientras tanto, como en la fase de anteproyecto se deben seleccionar sitios con suelos adecuados para la construcción de estanques, se evitan gastos innecesarios como el transporte de tierra; por lo que las excavadoras, cargadoras y camiones basculantes son muy poco utilizados.

Equipamientos para el compactado

Para prolongar la vida útil y para la propia integridad del estanque, los diques deben ser adecuadamente compactados durante el proceso de construcción. El compactado aumenta la resistencia de los diques a la infiltración y a la erosión e impide el hundimiento de los mismos cuando los estanques se llenan posteriormente. Para un buen compactado es importante un buen rastrillado de partículas y de la humedad del suelo. Las patas de cabra son tiradas por el tractor y se necesitan rodillos compactadores para los trabajos de compactación cuando se utilizan otro tipo de equipos, que no sean los "scrapers", en el transporte y depósito de la tierra. La tierra depositada sobre el dique debe desparramarse (por medio del tractor o motoniveladora) en capas menores a 20cm y sometidas a compactación. El equipo compactador debe pasar una y otra vez sobre el material, hasta que las marcas del propio equipo sobre el suelo compactado sean mínimas.

Difícilmente la construcción se efectúe en una situación donde el exceso de humedad entorpezca la compactación, pues sobre tales condiciones el servicio de extracción de tierra también se perjudica. Es común encontrar situaciones en que el suelo está demasiado seco para una buena compactación. La mejor opción, en ese caso es aguardar a las lluvias, pues el uso de camión regador para humedecer artificialmente el suelo, generalmente, resulta muy caro.

Equipamiento para el acabado

Luego del movimiento bruto de tierra es necesario dar un acabado a los estanques antes de su llenado con agua. Los ítems a ser chequeados son el declive y uniformidad del fondo del estanque, la altura y el nivel de los diques. Los servicios de terminación pueden ser ejecutados por los mismos "scrapers", siempre que éstos posean una lámina de extracción recta y un operador experimentado. La motoniveladora también puede ser usada para eliminar imperfecciones y dar acabado a los diques y el fondo de los estanques.

Todos estos servicios deben ser hechos con el acompañamiento de personal calificado, atento a la eficiencia de los mismos. El uso de niveles de láser facilita el servicio de acabado y reduce los errores humanos.

Etapas en la construcción de los estanques

Extracción de tierra: la extracción de tierra en el fondo de los estanques debe ser uniforme, evitando la apertura de depresiones y no debe exceder a 7cm en cada pasada del conjunto tractor más "scrapers". A medida que la excavación progresa, los suelos pueden presentar mayor unidad, lo que dificulta la extracción por el equipo, siendo necesario esperar que el suelo seque un poco para reiniciar



los trabajos. Si el caño de drenaje ya estuviera posicionado, el exceso de agua será fácilmente drenado hacia afuera del área del estanque, reduciendo el tiempo en que el equipo estará detenido. El trabajo de excavación debe iniciarse en la parte más profunda del estanque y extenderse hacia la parte plana, de modo tal que se evite un cúmulo de agua en el área de extracción. La utilización de una barra de extracción central en los "scrappers" facilita el trabajo en la fase inicial. Esta barra, sin embargo, deberá ser retirada cuando falten cerca de 10cm para alcanzar la cota propuesta para el fondo del estanque, permitiendo así que el "scrapper" ofrezca un acabado más homogéneo al mismo.

Transporte de tierra, depósito y compactación: el luego de la extracción y el trabajo total de los "scrappers", el tractor deberá inmediatamente tomar el camino más corto hasta el punto de deposición pasando sobre los taludes en construcción para realizar el servicio correspondiente. La deposición de tierra deberá ser realizada en capas con altura inferior a 20cm para producir una compactación adecuada. El tenor del suelo deberá ser monitoreado en el campo para evitar que el trabajo de compactación sea realizado con material demasiado seco. Generalmente, el suelo que está siendo extraído y transportado para consiguiente terraplenado, contiene una unidad adecuada para una buena compactación. La compactación del coronamiento o dique es efectuada por los neumáticos de las ruedas de los "scrappers" y de los tractores que evolucionen sobre el material recién depositado. La combinación de diversas pasadas sobre las capas finas de tierra depositadas confiere el alto grado de compactación deseado.

Acabado del fondo de los estanques y de los diques: Los "scrappers" sin la barra de corte central darán el acabado final al servicio de compactado de los estanques. El fondo de los estanques deberá ser plano, sin irregularidades o piedras y presentar una inclinación que permita el escurrimiento total del agua hacia el caño de drenaje. Los laterales de los taludes deberán presentar la inclinación proyectada sin irregularidades y el tope de los diques debe quedar situado en la cota determinada y con el ancho planificado. Luego del modelado final de los diques, estos deben recibir una capa de guijarros para obtener condiciones de tráfico seguro y sin daño para ellos mismos.

