



Tambo Sustentable

Más ecoeficiente

Asesoramiento en Gestión de Efluentes

MEMORIA DESCRIPTIVA

Tambo 28698

“Facultad de Veterinaria”

Octubre 2019



Contenido

1.	Introducción	3
2.	Sistema de Gestión de efluentes propuesto	3
2.1.	Etapas del SGET	3
3.	Uso del agua y generación de efluente	4
4.	Lavado por inundación	5
4.1.1.	Volumen de lavado y carga hidráulica	6
4.1.2.	Performance del lavado	7
5.	Recolección y conducción del efluente	9
6.	Desarenado	10
7.	Separación de estiércol	11
7.1.	Prensa extrusora	11
7.2.	Bomba de sólidos y revoledor	12
7.3.	Pozo de bombeo	13
8.	Sistema de lagunas	14
7.1.	Geometría y diseño de la laguna	14
7.2.	Volumen y limpieza de lodos	14
7.3.	Estructuras de entrada, salida y taludes	15
7.4.	Impermeabilización de la laguna	15
9.	Sistema de aplicación a terreno	16
9.1.	Componentes del sistema de aspersión	17
9.1.1.	Unidad de bombeo	18
9.1.2.	Tuberías	18
9.1.3.	Irrigador	19
10.	Almacenamiento de estiércol	20
11.	Aplicación del estiércol en el terreno	23
12.	Costos	23
13.	Anexo	26

1. Introducción

La solución propuesta busca contemplar todas las condicionantes del tambo, cumplir con los requisitos establecidos por las regulaciones ambientales, aumentar la sustentabilidad del sistema y mejorar las condiciones ambientales del mismo.

VERSIÓN 1: abril de 2018 / Creada por Ing. Civil Manuel Gimenez

VERSIÓN 2: octubre de 2019 / Modificada por Ing. Civil Nazario Abboud

2. Sistema de Gestión de efluentes propuesto

Todo sistema de gestión de efluentes de tambo (SGET) moderno debe lograr tres objetivos ambientales básicos:

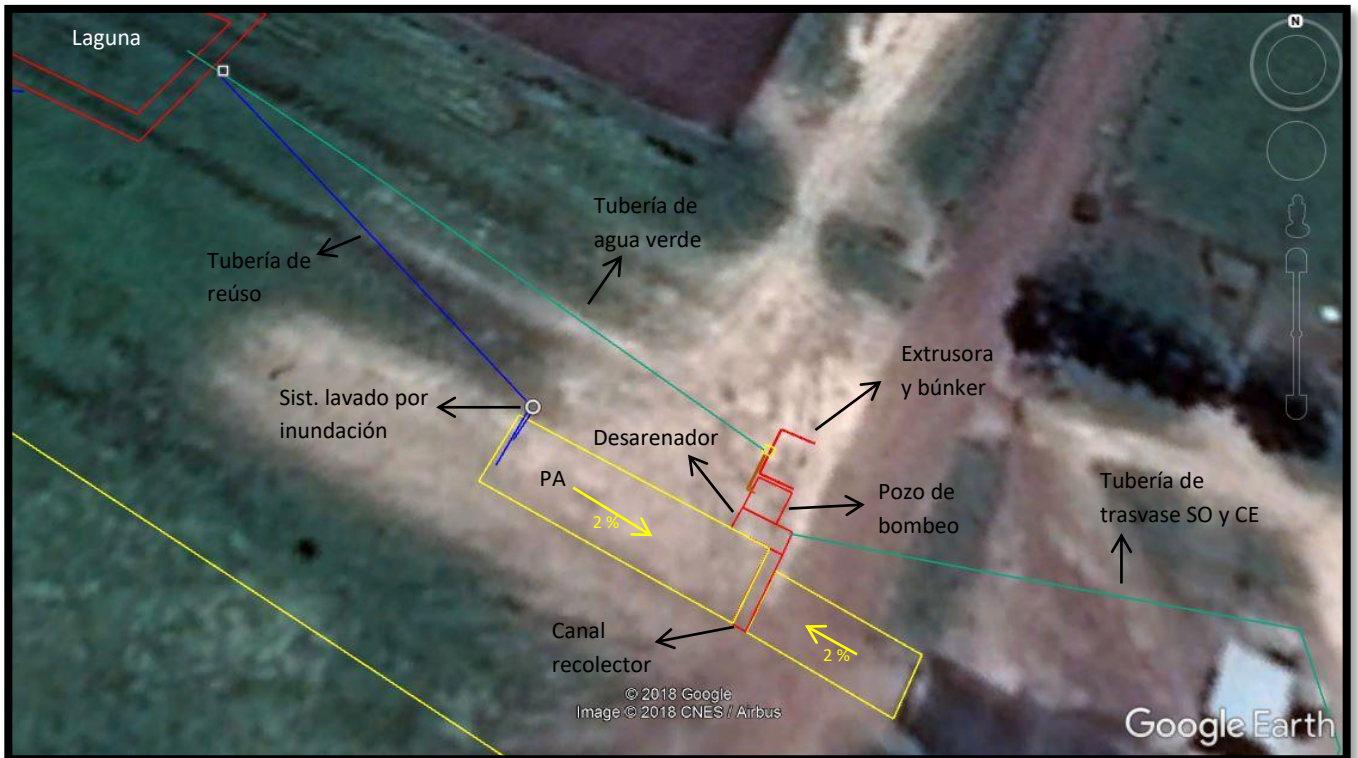
- Evitar el escurrimiento del líquido residual hacia los cursos de agua.
- Evitar la infiltración de líquido residual hacia las napas subterráneas.
- Retornar los micro y macronutrientes que contiene el efluente líquido y el estiércol a las chacras.

Los SGET modernos deben ser capaces de colectar y conducir todo el efluente generado en las planchadas impermeables del tambo hacia unidades separadoras de sólidos y luego hacia una laguna de almacenamiento, con el fin de tener capacidad de amortiguamiento frente a fenómenos climáticos, aplicando el líquido al terreno cuando la condición hidrológica del suelo lo permita. De esta manera, se evitan escurrimientos hacia las aguas superficiales, y percolaciones profundas hacia las aguas subterráneas. Con esto se logra un correcto manejo ambiental de los líquidos residuales y un reaprovechamiento agronómico de los nutrientes que contienen.

2.1. Etapas del SGET

El SGET empleado en el establecimiento comprende las siguientes etapas:

- Lavado a presión con agua limpia de la sala de ordeño (SO) y corral de espera (CE).
- Traslado de efluente (CE y SO) desde pozo recolector hacia desarenador.
- Lavado por inundación del patio de alimentación (PA).
- Recolección del lavado por inundación en canal recolector.
- Desarenado del efluente.
- Homogeneización del efluente en pozo de bombeo.
- Separación de sólidos mediante prensa extrusora (YardMaster YS 200 SC).
- Almacenamiento de sólidos en Búnker de sólidos (90 a 120 días).
- Almacenamiento del efluente en laguna impermeable (60 días).
- Sistema de riego con cañón móvil (Williams SPIDER).
- Distribución del sólido deshidratado en chacras.
- Sistema de reúso del efluente para lavado de pisos del PA.



3. Uso del agua y generación de efluente

Es de suma importancia definir adecuadamente el volumen diario de agua que se utilizará en el tambo para el ordeño y lavado de instalaciones, y así, cual es el volumen de agua incremental que ingresa diariamente al SGET.

El sistema se dimensiona para 170 vacas en ordeño.

El ordeño se realiza en 1 lote de 170 vacas, teniendo una duración total de 2.5 horas para cada ordeño. Por lo cual, el tiempo medio de permanencia del lote en el área de ordeño es de 1.25 hora por ordeño. La producción de estiércol en las planchadas de SO y CE se estima suponiendo un tambo de 170 vacas con 2.5 horas de tiempo medio de permanencia diario en las instalaciones de ordeño.

El tiempo de permanencia en el patio de alimentación con piso de hormigón que se conectará al SGET, es variable, ya que depende del manejo del rodeo en función de características climáticas, de producción de pasto, etc. En función de los datos estimados por el encargado del tambo, se supone que en promedio todas las vacas pasaran 3 horas al día en dicho patio de alimentación.

Con estos valores de tiempo de permanencia, se estima una generación de 4.2 Kg de estiércol/día/VO en el área de ordeño y de 6.7 kg de estiércol/día/VO en el área del patio de alimentación.

En cuanto a los volúmenes de agua utilizados en los lavados previstos, se asume que se utilizan diariamente unos 50 L/VO de agua limpia para lavado de ubres, lavado de la máquina de ordeño, lavado de pisos de la sala de ordeño y lavado de corral de espera y superficies anexas.

El consumo de agua limpia para lavados en el tambo será de aproximadamente 8.5 m³ al día.

En este caso, se plantea limpiar el patio de alimentación a través de un lavado por inundación con reúso de efluente. Para ello, se instalará un tanque de 15.000 L de capacidad. Este será llenado diariamente con líquido residual proveniente de la laguna para su reúso en el lavado de pisos. El patio de alimentación se lavará por inundación una vez al día con 15 m³ de líquido de reúso.

En promedio el SGET gestionará alrededor de 8.5 m³ de “agua limpia” por día y 15 m³ de líquido residual para lavado de pisos. En algunos meses del año, es posible que se deba utilizar un porcentaje de agua limpia mayor respecto al efluente de reúso. Se debe lavar con un 30-50 % de agua nueva para que el líquido residual no se sobrecargue de sólidos de pequeño diámetro que puedan pasar por la extrusora. Éste fenómeno se ha observado empíricamente en tambos nacionales que reutilizan el efluente para lavado de pisos bajo condiciones similares de separación de sólidos.

El agua de lluvia que cae en las instalaciones de hormigón conectadas al SGET implica unos 2.8 m³/día aproximadamente, si se normalizan las precipitaciones a un valor medio diario. Contabilizando dichas pluviales, **al sistema ingresarán aproximadamente 11.3 m³/día de agua “nueva”**. El sistema gestionará diariamente aproximadamente 26.3 m³/ día de líquido residual.

4. Lavado por inundación

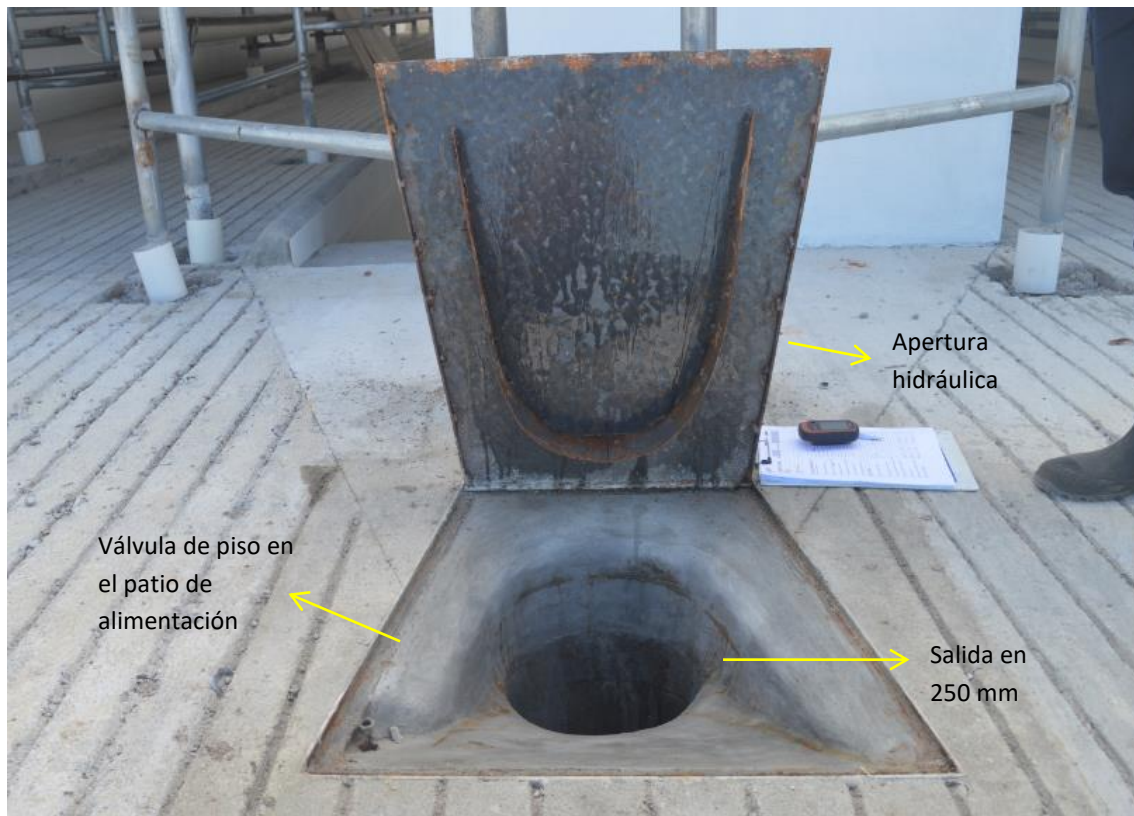
El lavado por inundación de las superficies implica un manejo más simple y autónomo del sistema, ahorrando tiempo de mano de obra y simplificando tareas para el personal del tambo.

Para que el lavado por inundación resulte efectivo, se deben desarrollar en la planchada velocidades en el entorno de 1 m/s y un tirante de ola en el entorno de los 5 cm. Con estos valores, se asegura un arrastre completo de los sedimentos orgánicos e inorgánicos depositados en el la planchada.

La velocidad y el tirante deseados, se logran a partir de una combinación de diversos factores, siendo los más importantes el caudal de lavado y la pendiente del patio a lavar. En este caso, la **pendiente longitudinal del patio debe ser del 2 %**, la pendiente transversal del patio de alimentación debe ser nula y el rayado del piso debe realizarse con líneas rectas en el sentido de la pendiente longitudinal.

El tanque de lavado deberá estar elevado 1 m por encima del piso del patio y desaguará por dos bocas de salida de 250 mm. Cada salida será controlada por una válvula mariposa adecuada, estando cada una conectada a una tubería de 250 mm que transportará el líquido de lavado hasta una válvula de piso del mismo diámetro.

En la salida del tanque se utilizarán dos válvulas tipo mariposa para abrir y cerrar el pasaje del flujo hacia las bocas. El sistema puede simplificarse con el uso de accionadores neumáticos, lo cual conlleva un sobre costo en la inversión.



Más ecoeficiente

OBSERVACIÓN

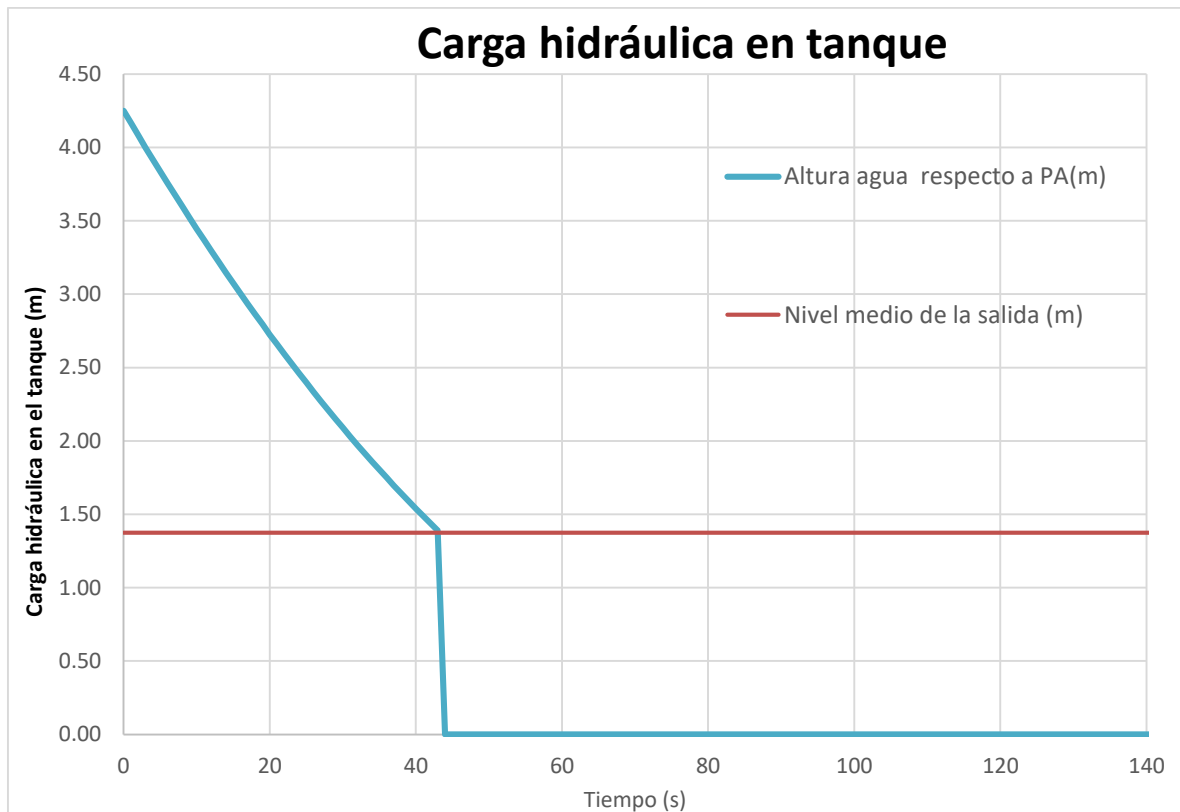
Durante la reunión realizada con el equipo de Facultad de Veterinaria; Dra. Elena de Torres y Arq. María José Gambini de la DGA de UdelaR, se nos comunicó que el patio podría a futuro sufrir una ampliación para lograr alimentar 170 vacas en simultáneo ya que al día de hoy el patio posee capacidad para unas 103 vacas. Debido a esto el Sistema de lavado por inundación queda sujeto a leves modificaciones. Estas se encuentran en el plano de ingeniería del sistema **PLANO 1V02 con fecha del 25/10/2019.**

4.1.1. Volumen de lavado y carga hidráulica

Volumen 15 m^3 , 2 salidas de tanque independientes de 250 mm a 20 cm del fondo del tanque. Cada salida de tanque alimenta 1 boca de piso de 250 mm en el patio de alimentación. Las tuberías de conducción se asumieron de 9 m en 250 mm.

Tanque elevado 1 m por encima del nivel del piso del corral de espera.

La evolución de la carga hidráulica en el tanque y el caudal de lavado se estimaron a través de la ecuación de Bernoulli y de un balance de masa entre caudales.



Más ecoeficiente

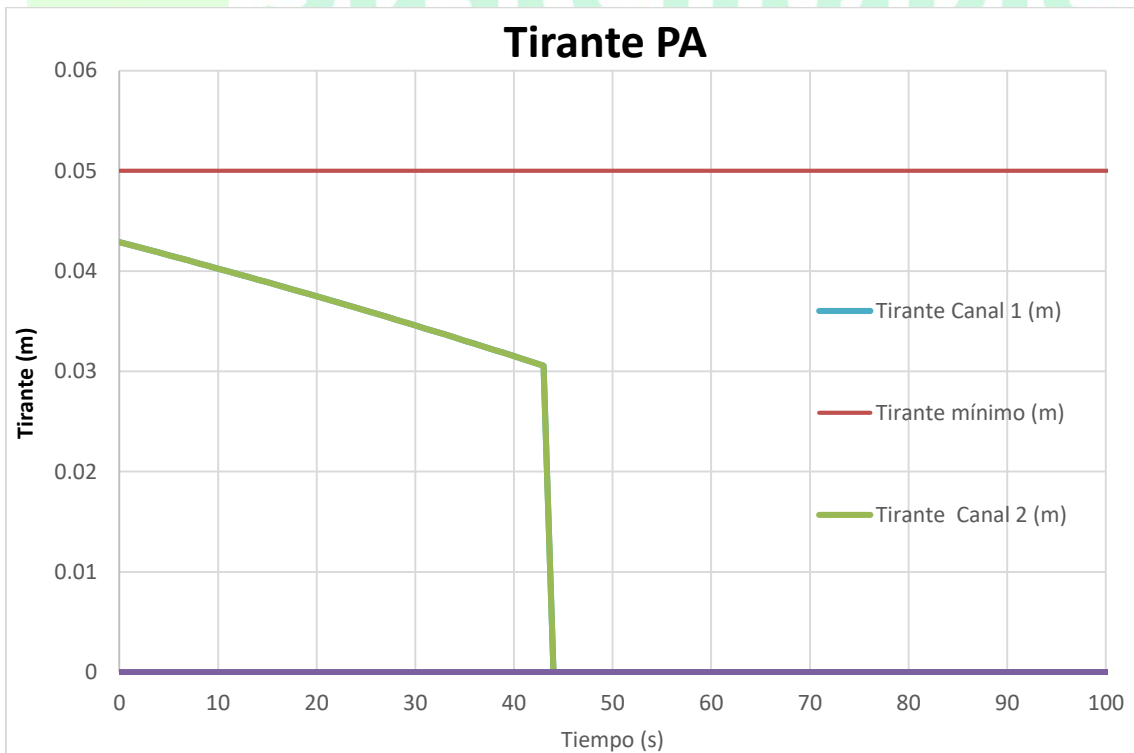
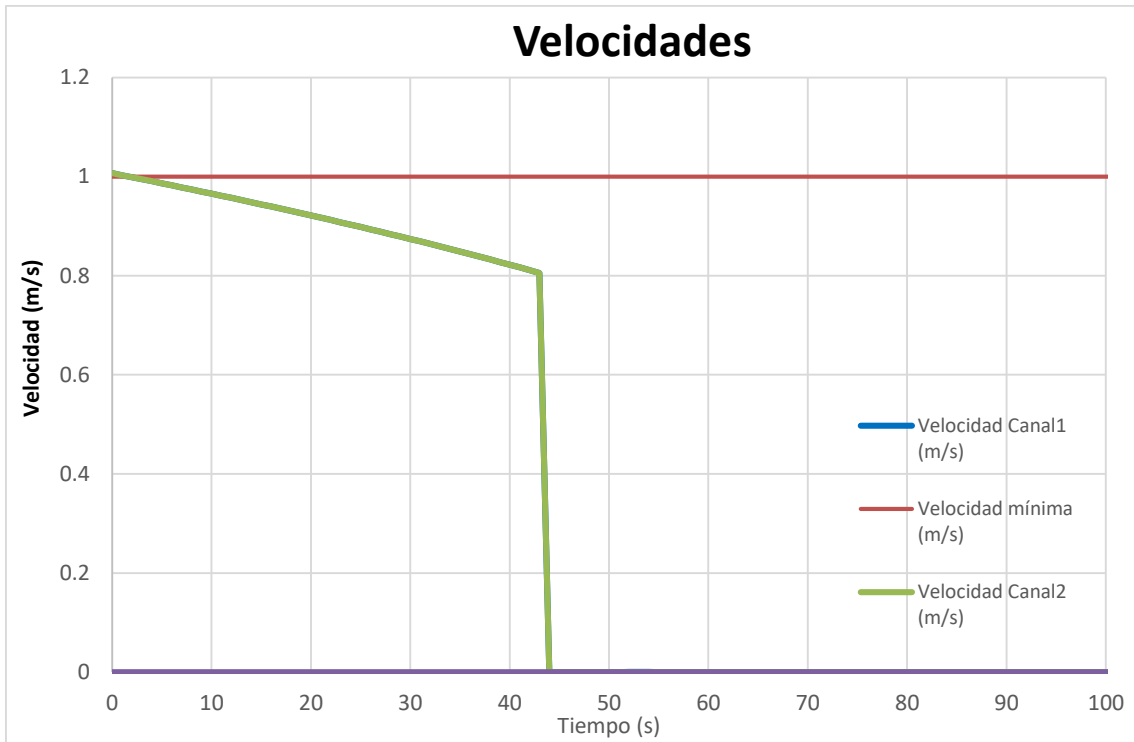
4.1.2. Performance del lavado

Para el cálculo del tirante y velocidad en el patio de alimentación, se utilizó la ecuación de Manning para flujo con tirante normal. Se supuso un coeficiente de rugosidad de Manning $n = 0.017$.

A continuación se muestran los caudales máximos aproximados de salida en cada boca para el lavado del patio con ambas bocas abiertas al mismo tiempo:

	Q max (m ³ /s)
BOCA 1 (250 mm)	0,20
BOCA 2 (250 mm)	0,19
Q total max	0,39

El lavado del patio de alimentación se realizará en 45 segundos aproximadamente, el tiempo que demorará el nivel de agua dentro del tanque en bajar hasta el zapeado de las bocas de salida del tanque. El diseño de la instalación del lavado se ha realizado simulando un patio de alimentación sin pendiente transversal y con pendiente longitudinal del 2 %. En dicha simulación se han obtenido velocidades entre 0.83 m/s y 1.1 m/s, y tirantes entre 3 cm y 4.5 cm. Los valores de tirante están un poco por debajo de los ideales (tirante óptimo = 5 cm), mientras que los valores de velocidades, son adecuadas (v óptima= 1 m/s). Se considera que este diseño es adecuado para lograr una buena eficiencia de lavado.



5. Recolección y conducción del efluente

Todas las estructuras de hormigón donde se generan efluentes o pluviales contaminadas tienen sus respectivos desagües conectados al SGET.

Estas zonas (corral de espera, sala de ordeñe y patio de alimentación) deben estar en buen estado, conteniendo zócalos perimetrales y buenos desagües que permitan recolectar todo el efluente generado.

El sistema de recolección se divide en dos subsistemas. El primero de ellos ya está construido y en correcto funcionamiento, este recolecta y conduce el efluente generado en la sala de ordeñe y corral de espera. Está compuesto por un desagüe con rejilla, una cámara de desarenado de limpieza manual y un pozo recolector de 7 m³ de capacidad. Este pozo será reutilizado como pozo de trasvase. Se deberá colocar un revolovedor de 2 HP que homogeneizará el flujo y una bomba de 5.5 HP para trasvase de líquidos con alta concentración de sólidos. Esta bomba impulsará diariamente el líquido residual desde el pozo de trasvase hasta el desarenador, para ello, se deberá instalar una tubería de 75 mm de diámetro (PVC o Polietileno) PN6 con una longitud aproximada de 80 m.



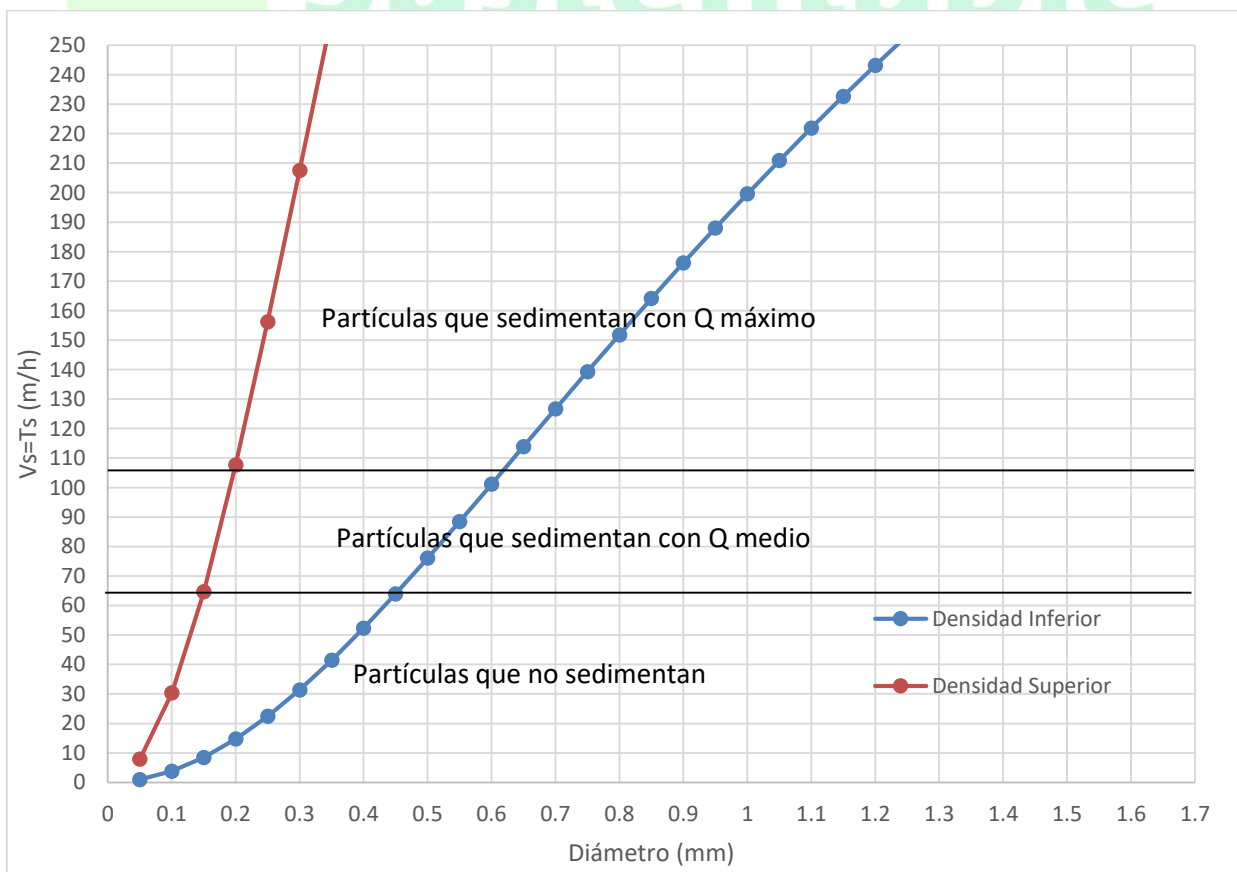
El segundo subsistema, se deberá construir aguas abajo del patio de alimentación. Estará compuesto por un canal recolector de dimensiones adecuadas para recibir todo el efluente generado en el lavado por inundación del patio de alimentación. Además, será encargado de recolectar el efluente proveniente de la planchada que se construirá para unificar el nuevo patio de alimentación con el actual corral de espera. Dicha planchada tendrá una pendiente del 2% hacia el canal.

El canal recolector aguas abajo del patio de alimentación será de sección rectangular de 1.5 m de ancho útil, 9 m de longitud y con una profundidad útil mínima de 10 cm donde comienza y de 24 cm donde finaliza, permitiendo transportar un caudal máximo adecuado a los caudales generados en el lavado por inundación del patio de alimentación. La pendiente de fondo será de 1.5 % hacia el desarenador.

El canal funcionará como badén en el pasaje del ganado desde el patio de alimentación hacia el tambo, por esa razón, la profundidad del mismo se encuentra limitada.

6. Desarenado

El desarenador es una unidad que permite retener arenas y pedregullos que el lavado por inundación puede arrastrar y luego afectar el funcionamiento de las bombas y extrusora. En estas unidades quedará retenido todo el pedregullo, una importante fracción de arenas y algo de estiércol, ya que la retención de sólidos se da por sedimentación y este proceso está gobernado por un parámetro llamado tasa de sedimentación, la cual depende de las características del desarenador y de la velocidad de sedimentación de las distintas partículas que componen el efluente. La tasa de sedimentación dentro de la unidad dimensionada dependerá del caudal circulante por la misma, siendo el máximo 0.4 m³/s y el caudal medio 0.2 m³/s. Las tasas de sedimentación en la unidad serán: $T_s = 105$ m/h para el caudal máximo y $T_s = 64$ m/h para el caudal medio de lavado. En función de dichas tasas se muestran las partículas que sedimentaran en función de su diámetro. Debido al carácter heterogéneo del efluente de lavado, es de esperar que pueda sedimentar algo de estiércol en la unidad.



Para lograr estas tasas de sedimentación se propone un desarenador de tipo rampa de área superficial útil de 4.5 m x 2.8 m y de profundidad máxima útil de 0.45 m.

La unidad desarenadora tendrá una longitud total de 6 m y un ancho total de 2.8 m. La zona de sedimentación rectangular será de 2 m de largo coincidente con el ancho del vertedero por

donde desaguará la unidad. Se tendrá una rampa de acceso de 4 m para limpieza de la unidad con una pendiente del 11.25 %.

La profundidad total del desarenador será de 0.45 m, siendo la profundidad útil a capacidad máxima de 0.25 m y la zona de acumulación de arenas de 0.2 m.

El desarenador desaguará por un vertedero de pared delgada que se ubicará a 20 cm desde el fondo de la unidad. Para desaguar el máximo caudal circulante, se estima que la lámina de agua ascienda 25 cm por encima de la cresta del vertedero. Por esta razón las paredes laterales del desarenador deben ser de 45 cm de alto respecto al piso de la unidad, en su zona más profunda. El desarenador desaguará hacia el pozo de bombeo y una vez finalizado el lavado contendrá una lámina máxima de 20 cm de líquido con sólidos (zona de acumulación de arenas).

Los 20 cm finales de profundidad del desarenador se utilizarán para acumular las arenas que sedimenten. Colocando una weeping Wall en la zona del vertedero, podría lograrse una deshidratación de las arenas y mayor facilidad de limpieza de las mismas con tractor con pala frontal. La frecuencia de limpieza del desarenador se determinará empíricamente, ya que es muy variable la generación de arenas y barro en el patio de alimentación.

Por otro lado, el efluente de la sala de ordeño y del corral de espera cuenta con una cámara desarenadora de limpieza manual, previo al ingreso al pozo de trasvase, que se encuentra en funcionamiento en el tambo. De todos modos, es posible que cuando dicha cámara se sature, algo de arena podrá pasar hacia el pozo. La arena que pueda ingresar al pozo, será bombeada por la bomba de trasvase hacia el desarenador del patio de alimentación, esto puede reducir ligeramente la vida útil de dicha bomba.

7. Separación de estiércol

La separación de sólidos orgánicos aumenta la flexibilidad de los sistemas de gestión de efluentes. Permite manipular las aguas residuales con un contenido de sólidos más bajo. Esto se traduce en menos bloqueos en el sistema de riego, posibilidad de reúso de los efluentes para lavado de pisos y menos acumulación de lodos en las lagunas.

7.1. Prensa extrusora

Se utilizará una prensa extrusora YARDMASTER YS 200 C, la cual trabaja con un caudal máximo cercano a los 25 m³/h.

Este equipo electromecánico, es alimentado por una bomba de eje de comando vertical, de rotor abierto, ubicada en un pozo de bombeo, que acumula el líquido residual, que proviene del corral de espera y de la sala de ordeño. El líquido residual, con alto contenido de sólidos orgánicos, es extrusado por un tornillo compactador que empuja el líquido residual hacia una zona de filtros cuya luz es de 2 mm, permitiendo el pasaje del líquido (agua verde) que se direcciona hacia la laguna de almacenamiento. El sólido separado es depositado en un bunker de sólidos de hormigón donde es almacenado, cumpliendo con las condiciones impuestas por la normativa ambiental, hasta que se pueda esparcir en el campo con abonadora o con el método más conveniente según el manejo del tambo.

La extrusora tiene dos salidas de líquido, una de ellas, es la salida del líquido procesado (agua verde) y con bajo contenido de sólidos. Dicha salida se direcciona hacia la laguna. La restante salida de líquido, desde la extrusora, es un rebose del caudal que la extrusora no puede procesar. Esto se debe a que la bomba brindará un caudal mayor al caudal de trabajo de la extrusora. Esta salida de líquido no procesado, se direcciona nuevamente hacia el pozo de bombeo.



El montaje de la prensa, requiere un apoyo metálico para colocarla sobre el bunker de sólidos de hormigón. Es recomendable que la prensa extrusora se apoye sobre una base metálica adyacente al bunker de sólidos y que la salida del tornillo compactador se sitúe a 3 m sobre el nivel del piso del bunker de sólidos. Esta altura queda determinada por la altura de la caja de la abonadora que a futuro podría ubicarse bajo la extrusora para aplicar el estiércol generado por el sistema.

7.2. Bomba de sólidos y revolvedor

La extrusora es alimentada por una bomba de rotor abierto de bajas revoluciones, capaz de trabajar con sólidos e impulsar el líquido residual desde el pozo de bombeo hacia la prensa.

Se utilizará un revolvedor para homogeneizar el flujo que llega con distintas concentraciones de sólido, para que la bomba no tenga problemas operativos y para que no sedimenten sólidos en el fondo del pozo.

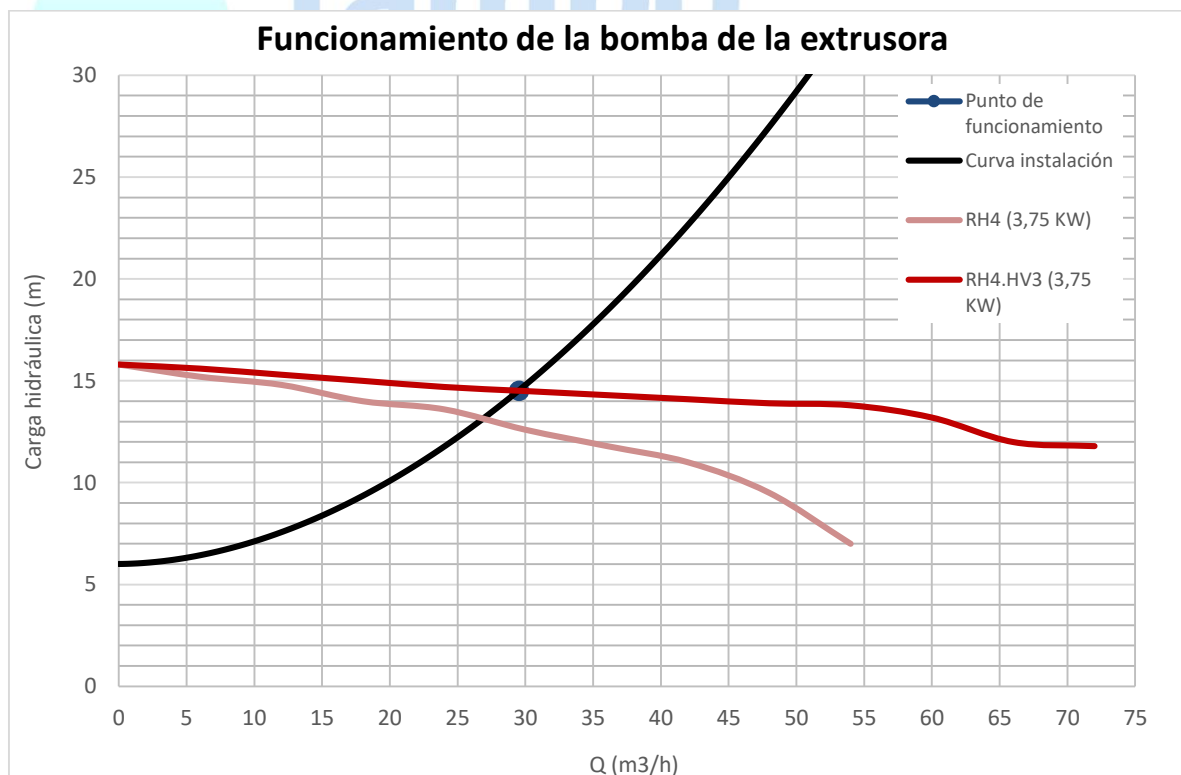
En este caso, se considera recomendable, utilizar una bomba YARDMASTER modelo RH4.HV3 de 1400 rpm para trasvase de líquidos con alto contenido de sólidos. Se pretende incorporar el uso de un revolvedor de 2HP de la marca YARDMASTER. La bomba se acopla a una balsa que permite acompañar el nivel del líquido residual dentro del pozo. El motor de la bomba es acoplado por encima de la balsa por lo que nunca estará en contacto con el líquido residual.

Se requiere una potencia eléctrica del orden de los 3 HP para la extrusión más 5 HP para la bomba de sólidos y 2 HP para el revolvedor.

El pozo de bombeo se encontrará a una distancia aproximada de 5 m respecto a la posición de la extrusora. La conexión hidráulica entre la bomba y la extrusora se realizará por medio de una tubería de PVC de 3" con una longitud total de 9 m.

En función de la instalación del sistema se construye la curva de instalación y se corta con la curva característica de la bomba seleccionada para determinar el punto de funcionamiento de la bomba. Se debe considerar la viscosidad cinemática propia del fluido con el cual se va a trabajar, ya que la curva característica de cualquier bomba se construye teniendo en cuenta la viscosidad cinemática del agua. Esto generará que el punto de funcionamiento real sea un poco menor al punto de funcionamiento teórico obtenido en la figura siguiente. Según la configuración teórica la bomba erogaría un caudal aproximado de 30 m³/h, cercano al caudal máximo de trabajo de la extrusora. El excedente de caudal volvería al pozo a través de la tubería de rebose de la extrusora de 160 mm de diámetro.

La bomba y extrusora se deben encender y apagar automáticamente a través de un sensor de nivel hidráulico.



7.3. Pozo de bombeo

El pozo de bombeo ubicado en el punto más bajo del sistema, tiene como finalidad recolectar y almacenar todo el líquido residual proveniente de la sala de ordeño, corral de espera, superficies de hormigón adyacentes y el estiércol raspado proveniente del patio de alimentación, mientras la extrusora lo procesa y lo envía hacia la laguna de almacenamiento.

La unidad puede ser construida de hormigón armado o de mampostería revestida y tiene la capacidad de amortiguar el volumen de lavado de las superficies.

El pozo de bombeo será de sección cuadrada de lado 4 m adyacente al desarenador y tendrá una profundidad útil de 1.75 m. La profundidad constructiva será de 2.0 m

El volumen útil de la unidad es de 27 m³, siendo dimensionado según simulaciones para tiempo seco y tiempo húmedo, teniendo en cuenta los volúmenes de lavado por inundación previstos para cada superficie y el caudal de trabajo de la extrusora.

8. Sistema de lagunas

El sistema de gestión de efluentes propuesto presenta como unidad de almacenamiento: una laguna impermeable con una capacidad máxima promedio de acumulación, del líquido residual proveniente del tambo de 60 días. La laguna será impermeabilizada con una geomembrana de PVC con filtro UV, lo que impedirá la infiltración de efluente hacia las napas subterráneas.

7.1. Geometría y diseño de la laguna

La laguna se ha diseñado con una capacidad de recolectar 11.3 m³ diarios de agua nueva durante 60 días acumulados, según los balances hídricos (efluente y clima) realizados.

El volumen útil estimado de la laguna es de 748 m³ y el área total a impermeabilizar de 800 m² aproximadamente.

La forma de la laguna corresponde a un tronco piramidal invertido de bases rectangulares de 18 m de lado inferior y 8 m de ancho inferior con pendiente de taludes interiores y exteriores 2H: 1V. La altura máxima que puede alcanzar el agua dentro de la laguna en el período de acumulación considerado es de 2.5 m desde la cota de fondo, esto ocurrirá en los meses con precipitaciones promedios normales. En períodos de meses con precipitaciones extremas (meses muy secos o muy húmedos respecto al promedio anualizado) el período de almacenamiento podría ser sensiblemente menor o mayor según el caso. El espejo de agua máximo de la laguna resulta tener dimensiones de 29 m x 19 m, mientras que la los lados del coronamiento exterior son de 36 x 26 m.

7.2. Volumen y limpieza de lodos

En la laguna de almacenamiento no sólo se acumula líquido sobrenadante sino también sólidos que sedimentan y se van compactando, formando un lodo en el fondo de la laguna. Se plantea realizar el retiro de los lodos de la laguna cada 10 años. El volumen de lodos acumulado en la laguna cada 10 años será de aproximadamente 100 m³. Se dejará una pendiente de fondo del 3 % en la laguna para que los lodos se depositen hacia uno de los lados largos de la base. De esta manera, al momento de limpiar los lodos con estercolera, solo se deberá succionar de ese lado. La limpieza del fondo de la laguna se debe realizar con una estercolera de líquidos. Este material semilíquido se podrá distribuir directamente en el terreno como mejorador de suelos. La frecuencia de limpieza prevista se podrá ajustar en función de la altura que efectivamente ha alcanzado los lodos dentro de la laguna.

La laguna tendrá una franja de 0.4 m por encima del terreno para evitar ingreso de escorrentía superficial.

Por consiguiente la profundidad total requerida en la laguna es de 2.9 m desde el coronamiento de los taludes hasta el fondo.

7.3. Estructuras de entrada, salida y taludes

La laguna tendrá una entrada de efluente a través de una tubería de PVC de \varnothing 160 mm que transportará el flujo desde la extrusora hasta la laguna. Las tuberías atravesarán el talud y determinarán la cota máxima útil de la laguna para que la descarga sea libre en todo momento. Dicha cota se ajustará en el nivel de proyecto ejecutivo.

La tubería ingresará aproximadamente 1.0 m hacia la laguna desde el borde interior del coronamiento. Llegando en el punto de descarga en el nivel máximo de agua definido para la laguna.

Además de la salida usual del líquido residual a través del sistema de aplicación a terreno, se dejará prevista una salida de emergencia por eventuales desbordes en el caso que existan meses muy húmedos o en casos de contingencia que impliquen roturas en el sistema de aplicación a terreno. Dicha tubería de salida tendrá una cota de zampeado que se ajustará a nivel de proyecto ejecutivo y será de 160 mm de diámetro. Su emplazamiento debe ser tal que maximice el recorrido hidráulico del líquido residual dentro de la laguna.

En la laguna se debe construir un coronamiento de 3.5 m de ancho para que pueda transitar personal y maquinaria por todos los lados perimetrales de la laguna. Los taludes exteriores se construirán con una pendiente máxima 2H: 1V y los mismos se empastarán para evitar la erosión.

En cuanto al mantenimiento de la laguna, periódicamente se debe realizar una limpieza de los taludes para evitar el crecimiento de malezas en los mismos. El crecimiento de malezas puede favorecer el agrietamiento de los taludes, disminuyendo la vida útil de la obra.

También se debe prever un cercamiento de la laguna para impedir el ingreso de los animales a la zona de emplazamiento de la unidad.

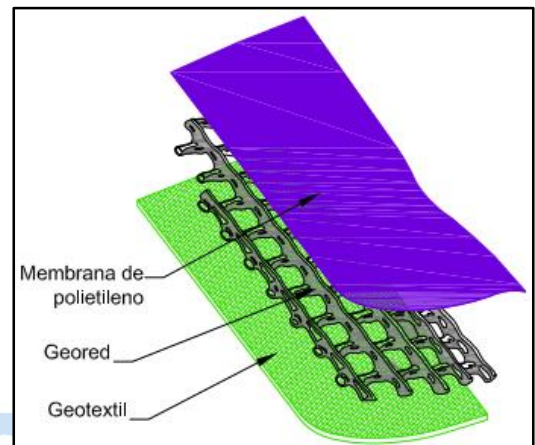
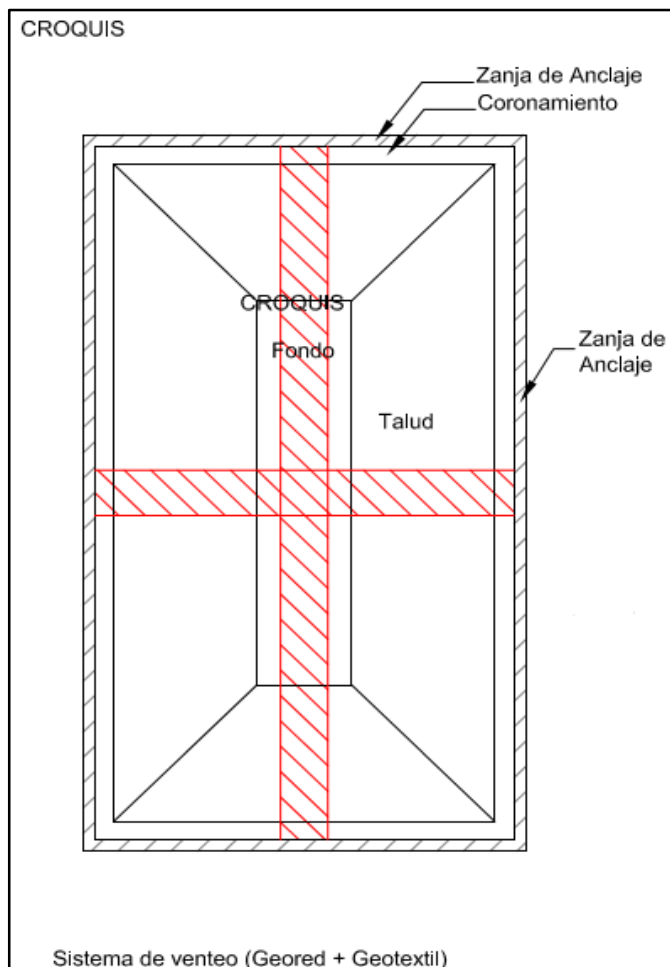
7.4. Impermeabilización de la laguna

La laguna se impermeabilizará con aproximadamente 800 m² de geomembrana de polietileno de alta densidad de 1 mm de espesor o geomembrana de PVC de 1 mm de espesor con geotextil y filtro UV.

Se recomienda la colocación de un sistema de venteo de gases por debajo de la geomembrana. Este venteo se realizará con geored de venteo y geotextil por debajo para evitar la obstrucción con finos de la geored. En las figuras a continuación se muestra a modo de esquema la forma de colocación de la geored en la laguna.

Para colocar correctamente la membrana es fundamental que en la construcción de la laguna se respeten las dimensiones proyectadas, y que el fondo y los taludes se encuentren bien perfilados, alisados y sin piedras u objetos angulosos que puedan generar esfuerzos de punzonamiento a la geomembrana cuando entre en carga.

Al finalizar la obra se dejará una zanja de anclaje abierta a 80 cm del borde de la laguna para sujetar la geomembrana a la estructura. Una vez colocada la membrana, la zanja se tapaná y compactará con la misma tierra del talud.



9. Sistema de aplicación a terreno

La última etapa de un SGET es la distribución planificada y controlada del efluente a las chacras a través de un sistema de riego adecuado.

En el establecimiento en estudio se implementará un sistema de aspersión por medio de un cañón móvil con propulsión hidráulica.

Para una correcta aplicación del efluente a las chacras deben cumplirse los siguientes aspectos:

- No aplicar lloviendo ni con suelo saturado.
- Cuidar que no se produzca escurrimiento en zonas con alta pendiente.
- Cuidar que no se produzca encharcamiento en zonas planas.
- La tasa de aplicación debe ser menor a la tasa de infiltración del suelo.
- Respetar las distancias mínimas a cursos de agua y predios linderos impuestas por los reguladores ambientales.
- Sistematizar con tuberías e hidrantes la cantidad de hectáreas necesarias donde aplicar el efluente de acuerdo al balance de nutrientes realizado.

Las chacras donde se aplicaran los efluentes deben tener concentraciones de fósforo Bray I menores a 31 ppm y deben localizarse cumpliendo los siguientes criterios de distancias:

- Distancia mínima a cursos de agua: 50 m
- Distancia mínima a pozos de extracción de agua: 50 m
- Distancia mínima a predios linderos: 10 m

A su vez, se toma en consideración que el área de riego no dificulte el manejo del rodeo.

Según el balance de nutrientes de paso anual, tomando en cuenta una calidad de efluente promedio procesado con extrusora y la extracción de una pradera promedio de 2 años en Uruguay, se necesitarán al menos 13 ha para distribuir anualmente el efluente generado en el tambo. Debido a la distribución geográfica de los potreros, a los cursos de agua existentes, a los predios linderos, a la ubicación de la laguna, y considerando un desplazamiento óptimo del cañón autopropulsado, y previendo una posible expansión o reajuste del balance de nutrientes a futuro, se plantea un área de riego de 17 ha.

A continuación se muestra la zona de aplicación de efluentes seleccionada en primera instancia.



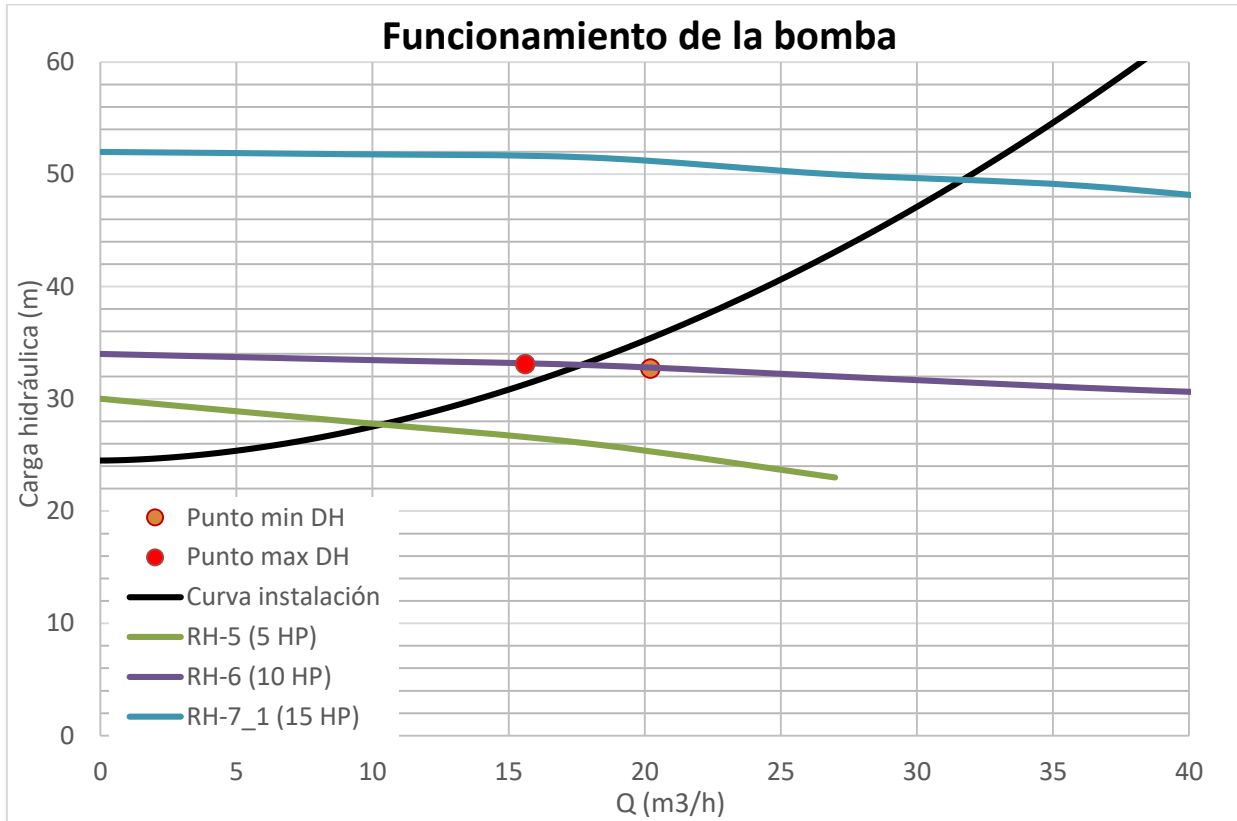
9.1. Componentes del sistema de aspersión

Los sistemas de aplicación por aspersión se conforman por los siguientes componentes:

- 1) Unidad de bombeo
- 2) Tuberías de conducción
- 3) Tuberías de distribución
- 4) Irrigador

9.1.1. Unidad de bombeo

Para el riego de efluentes, se utilizará una electrobomba de eje de comando vertical para líquidos residuales con sólidos en suspensión, marca YardMaster de origen neozelandés, modelo RH6 de 10 HP de potencia. La misma permite levantar una presión de hasta 33 mca a un caudal promedio de 18.000 L/h, el cual es el caudal necesario del irrigador.



Debido a la topografía del terreno y al trazado de las tuberías, el rango de caudales y presiones de trabajo del cañón es amplio, como se observa en la figura. Los puntos de funcionamiento extremos serán los siguientes:

REPORTE:					
	Q (m³/h)	H (m)	LM (m)	DH (m)	Presión cañón (mca)
Punto max DH	15,6	33,1	450	6,5	20,0
Punto min DH	20,2	32,7	150	2,5	20,0

9.1.2. Tuberías

La conducción del efluente desde la laguna hasta las chacras, se realizará a través de una línea madre compuesta por tuberías de PVC PN6 con junta elástica JEI de diámetro nominal de 110 mm y luego por una tubería de distribución de polietileno de 63 mm de diámetro nominal.

La línea madre está compuesta por tuberías de PVC enterradas y conduce el líquido residual a presión, desde la laguna hasta los hidrantes. Su longitud es de 600 m.

En el punto más bajo de la línea madre debe colocarse una válvula de purga para vaciarla puntualmente solo en caso de roturas o de mantenimiento.

En la chacra donde se vaya a aplicar el efluente, se colocará sobre la línea madre un hidrante con acople rápido cada 50 m para conectar la tubería de distribución con acople rápido. En total se armarán 11 hidrantes para cubrir las 17 ha de riego.

La tubería de distribución será un único tramo de 150 m de tubería de polietileno de 63 mm de diámetro, que conecta la línea madre con el irrigador. Esta tubería no va enterrada, ya que es la que arrastra el cañón móvil a medida que va avanzando por la franja de riego.

Al final de cada tramo de la tubería de distribución suele colocarse una válvula de cierre y acople rápido. Este es un sistema que permite la rápida conexión y desconexión de la tubería madre con la tubería secundaria que alimenta al irrigador.

9.1.3. Irrigador

El componente final de un sistema de efluentes es el irrigador. Su objetivo es distribuir el efluente en la chacra a tasas razonables para el tipo de suelo, permitiendo que el efluente se concentre en la zona radicular de las pasturas o cultivos.

En el sistema actual se ha seleccionado el uso de un cañón móvil con propulsión hidráulica modelo Spider de la marca Williams de origen neozelandés.

Este sistema trabajará con 20 mca de presión en punta y a un caudal medio aproximado de 18.000 L/h. El cañón es capaz de regar una franja de 150 m de longitud y aproximadamente 25 m de ancho. El tiempo de carrera esperado es de 3 horas por aplicación. Se simuló una aplicación de 3 h, donde la lámina de aplicación es de 9 mm, siendo la tasa de aplicación aproximada para este cañón, de 22 mm/h.



Para entrar en régimen entre la generación de efluente y la tasa de aplicación del cañón, se debe realizar una aplicación de 3 horas cada 5 días aproximadamente. Se estima que una vez que la laguna alcance su máximo nivel de líquido, se requerirían aproximadamente 15 días corridos de riego para vaciarla nuevamente. Estas simulaciones deben ajustarse una vez instalado el sistema, por medio de una prueba de uniformidad y rendimiento de la aplicación.

10. Almacenamiento de estiércol

Una vez que los sólidos han sido separados del efluente, deben ser almacenados en un lugar impermeable y seco donde el olor no cause un problema para el entorno. El lixiviado (líquido que escurre) producido por la pila, debe ser contenido y manejado hacia el sistema de efluentes líquidos. Los sólidos extrusados provenientes del corral de espera, sala de ordeño y patio de alimentación, se almacenarán en un búnker de sólidos anexo a la extrusora.

Durante la reunión realizada con el equipo de Facultad de Veterinaria; Dra. Elena de Torres y Arq. María José Gambini de la DGA de UdelaR, se definió implementar un nuevo búnker de sólidos para almacenar el estiércol deshidratado de la Prensa Extrusora.

Esta unidad se compone de una losa de hormigón armado y dos de sus lados con muro para la contención del estiércol deshidratado depositado por el equipo electromecánico de Prensa Extrusora para el estiércol generado en el tambo durante su funcionamiento.

El búnker fue diseñado para contener el estiércol deshidratado durante un período de al menos 90 días en el momento de 170 vacas en ordeño y que dentro de la misma pueda maniobrar la maquinaria disponible en el tambo. El tractor corresponde a un *John Deere modelo 5725-2WD* de 2600 kg. Se dispondrá muro en un perímetro de 18 m cubriendo un ancho y un largo. En este caso el muro se realizará con piezas prefabricadas de longitud 3 m y altura 2 m con un peso de 2600 kg cada una. Para cubrir los 18 m se dispondrán 6 piezas de este tipo.

La losa propuesta posee una longitud de 12 m, ancho 6 m y espesor de 0.15 m. La armadura recomendada consiste en malla electro soldada de 15 cm por 15 cm de diámetro 4.2 mm. El piso del búnker tendrá una pendiente de 1 % hacia el sistema de drenaje de la planchada que se dirigirá hacia el pozo de bombeo desde donde se abastece a la extrusora.

Para fundar la losa se recomienda extraer 0.20 m de material orgánico y reponer con una base de material de cantera CBR60. Los muros se pueden anclar sobre el perímetro de la losa o implementar una viga corrida de 18 m de longitud. Ver el plano de ingeniería del sistema **PLANO 1V02 con fecha del 25/10/2019.**

A continuación, se presenta el sistema de Búnker y Prensa diseñado por Tambo Sustentable y construido recientemente a modo de ejemplo. Se pueden observar los apoyos en muro, el anclaje al piso y por otro lado se muestra la losa, los muros de mampostería armada y el badén de desagüe de lixiviados y pluviales hacia una cámara de recolección y posterior conducción hacia la laguna de almacenamiento.



Más eficiente





11. Aplicación del estiércol en el terreno

Una vez deshidratados, los sólidos deben ser aplicados nuevamente a las chacras a tasas sostenibles. Esta tarea debe realizarse de manera coordinada y planificada, contratando un servicio de aplicación de sólidos o realizándolo por los medios más convenientes que disponga la estación experimental.

La selección de los potreros donde aplicar el sólido, se debe realizar en función del contenido de PBrayl en el suelo y respetando los criterios que se enumeran a continuación.

- Ubicación de potrero respecto a curso de agua para evitar contaminación por escurrimiento superficial. Distancia mínima: 50 m según Art. 11 del Decreto 253/79.
- Afectar lo menos posible el pastoreo y tránsito de animales ya que se debe cerrar el potrero para el ingreso de animales durante 30 días según el Punto 9 del Manual publicado por el MGAP.
- Realizar la aplicación preferentemente previa a la siembra de cultivos de altos requerimientos.
- Rotación obligatoria para asegurar un equilibrio en el aporte de nutrientes y sales.
- Como máximo tres aplicaciones de sólidos en un mismo potrero el mismo año.
- Evitar aplicar los sólidos en las mismas chacras donde se aplica el efluente líquido.

12. Costos

A continuación se presenta una estimación de los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento anualizados y horas de mano de obra anuales. Los costos son estimados y pueden diferir respecto a los costos finales de obra.

Dentro de los costos de inversión, no se suma el monto de la extrusora, ni de la bomba de abastecimiento a la misma, así como el búnker de sólidos, ya que han sido licitados en otra oportunidad.

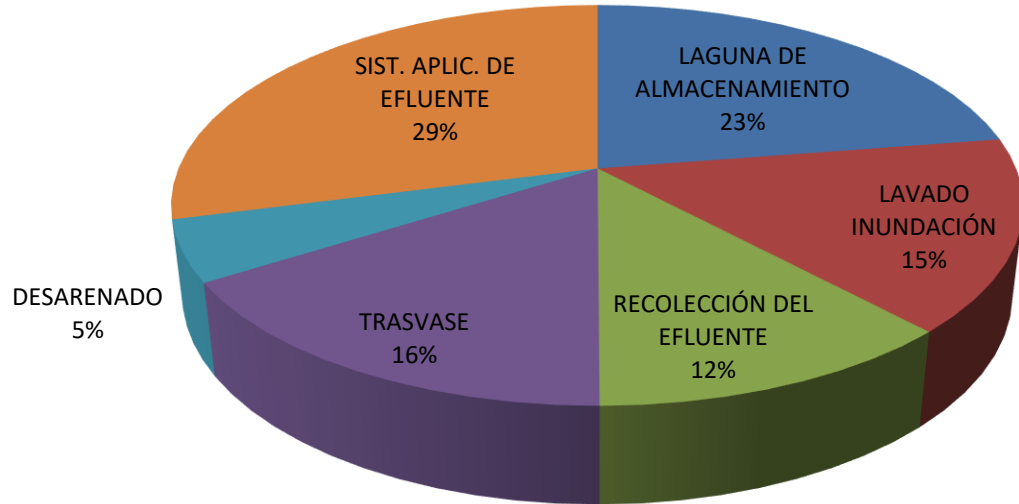
Se asume que todas las tareas son realizadas por el personal del establecimiento y que no se contratan servicios externos en la operación y mantenimiento del sistema.

El costo anual operativo no incluye el costo de mano de obra. Incluye todos los costos energéticos y de combustible asociados.

En la estimación del ahorro anual de fertilizantes, solamente se considera el aporte de nutrientes producto de la aplicación del efluente líquido al campo. No se considera el aporte de nutrientes por distribución de estiércol sólido.

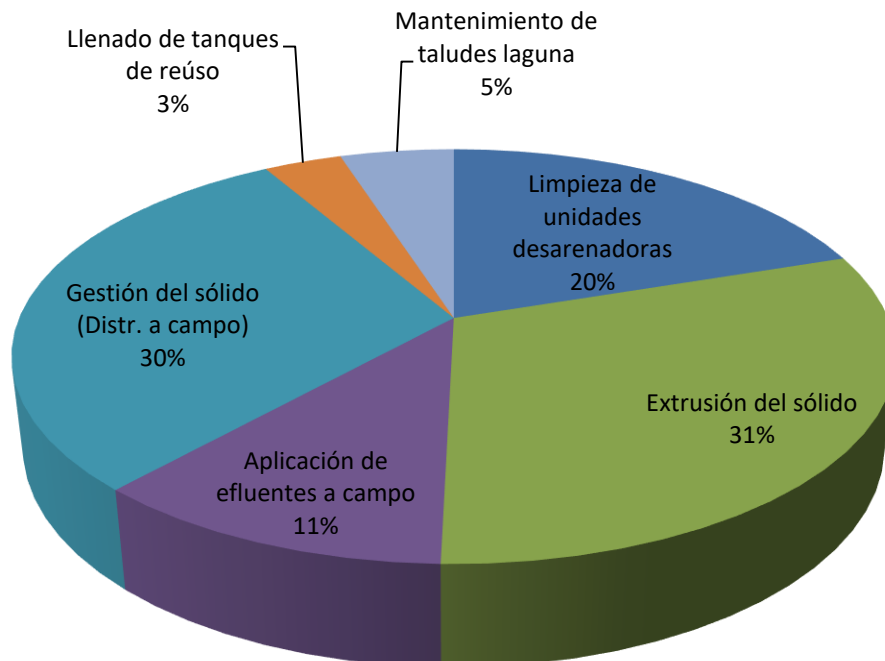
COSTO ESTIMADO DE LA INVERSIÓN:	USD 71.336
COSTO ANUAL OPERATIVO ESTIMADO:	USD 3.385
HORAS ANUALES DE MANO DE OBRA ESTIMADAS PARA LA O Y M:	247 Hs
AHORRO DE FERTILIZANTES ANUAL POR APLIC. DE EFLUENTE:	USD 3.375

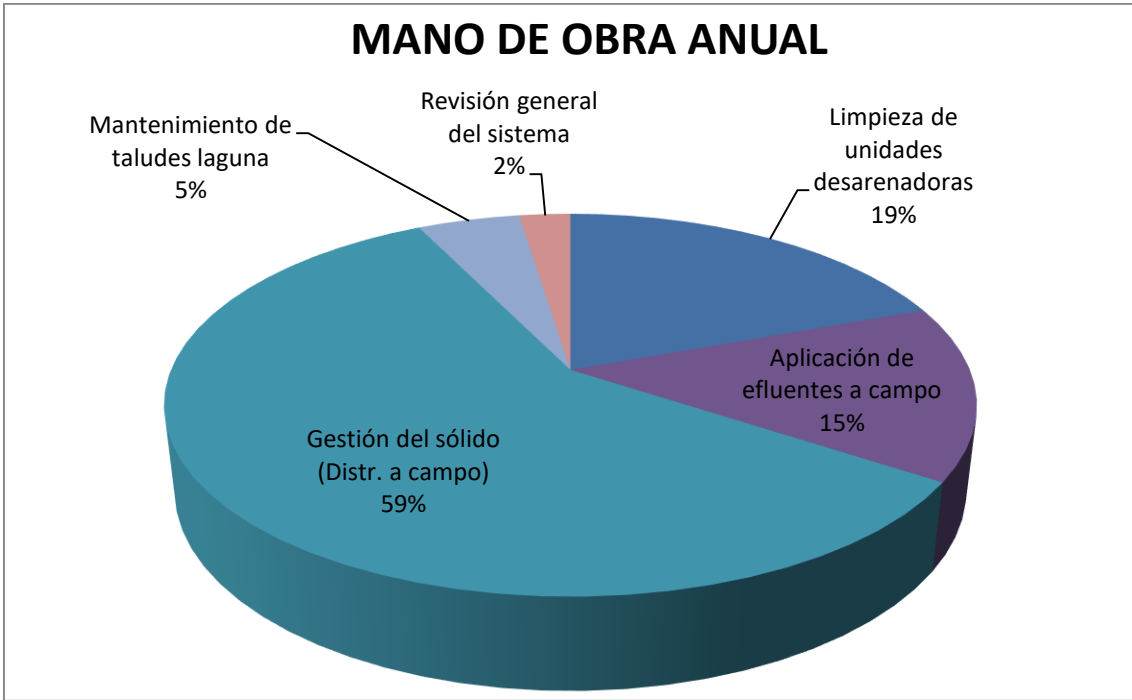
COSTOS INVERSIÓN



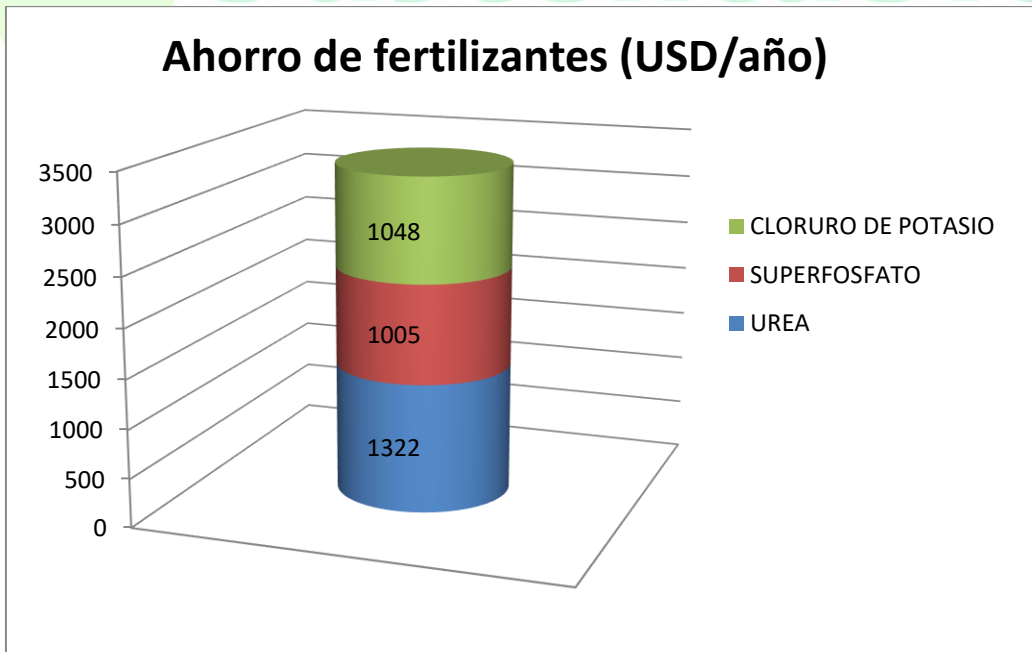
Más ecoeficiente

COSTO OPERATIVO ANUAL





Sustentable



Por cualquier duda o consulta no dude en comunicarse con Tambo Sustentable al teléfono **2924 7171** (interno **2288**), al correo electrónico **efluentes@conaprole.com.uy** o en la página web sustentable.eleche.com.uy.

13. Anexo

Se presenta una lista de los insumos que se han cotizado en el SGET propuesto.

INFRAESTRUCTURAS (OBRA CIVIL)

- 1 CANAL RECOLECTOR BADÉN 10 M B= 1,5; H= 0,25M ; P= 1,5%
- 1 DESARENADOR RAMPA 6 X 2,8 X 0,4+VIGACORONA 0,15
- 1 POZO DE BOMBEO 32 M3 ; LXL= 4X4 M ; H= 2 M
- 1 BUNKER DE SÓLIDOS DE 90 DÍAS: LxA: 18X6 M ; H=1.8 a 2 M ; P=1%

LAVADO POR INUNDACIÓN - OPCIÓN FIJO

- 1 TANQUE DE 15000 L
- 15 M PVC d= 250 MM
- 1 ACCESORIOS HIDRAULICOS LAVADO PA
- 1 BOMBA 2 HP SUMERGIBLE
- 1 INST ELECTRICA BOMBA
- 1 ACCESORIOS E INST BOMBA
- 100 TUBERIA REUSO 63 MM
- 4 CODOS 90° X 63 MM PE
- 1 LLAVE PASO 63 X 2 1/2
- 2 SENSORES AUTOMATICOS DE NIVEL ON/OFF TANQUE

LAVADO POR INUNDACIÓN - OPCIÓN DESMONTABLE

- 1 TANQUE DE 15000 L
- 6 M PVC d= 400 MM
- 1 COMPUERTA (VÁLVULA) TIPO VOLANTE DE d= 400 MM
- 1 ACCESORIO TEE – PVC / d=400 MM
- 2 REDUCTOR DE DIAMETRO DE 400 MM A 250 MM
- 12 M PVC d= 250 MM
- 2 CODOS 90° PVC d=250 MM
- 1 ACCESORIOS HIDRAULICOS LAVADO PA
- 1 BOMBA 2 HP SUMERGIBLE
- 1 INST ELECTRICA BOMBA
- 1 ACCESORIOS E INST BOMBA
- 100 TUBERIA REUSO 63 MM
- 4 CODOS 90° X 63 MM PE
- 1 LLAVE PASO 63 X 2 1/2
- 2 SENSORES AUTOMATICOS DE NIVEL ON/OFF TANQUE

SISTEMA DE TRASVASE

- 1 BOMBA YM 5 HP RH4
- 1 Balsa para bomba
- 1 REVOLVEDOR YM 5,5 HP
- 1 INST Y ACCESORIOS HIDRÁULICOS CONEXIÓN BOMBA
- 80 M INST TUBERÍA PE 75 MM
- 1 INST ELECTRICA BOMBA

LAGUNA DE ALMACENAMIENTO

- 1 CERCADO DE LAGUNA DE PERÍMETRO APROX. 140 M
- 750 M3 DE VOLUMEN UTIL DE LAGUNA
- 800 M2 DE GEOMEMBRANA COLOCADA

A continuación, se brinda un despiece tentativo para la instalación del sistema de aplicación de efluentes y para el sistema de lavado por inundación. Se recomienda que todos los despieces de instalaciones hidráulicas y eléctricas sean verificados o en su defecto, armados por los técnicos que los fueran a instalar, en comunicación con el equipo técnico de Tambo Sustentable.

Cantidad Detalle

Conexión Bomba hasta Línea madre

- 1 balsa para bomba
- 2 curva 90° DN 2" galvanizado MH
- 1 niple galvanizado 2" longitud 1,1 m
- 1 cupla 2" galvanizado
- 1 válvula antisifón 2"
- 1 adaptador 2" x 50 mm
- 30 mts de tubería polietileno 50 mm
- 2 codo 90° poliet 50 mm
- 1 adaptador 2" x 50 mm
- 1 entrerroca 2" galvanizado
- 1 grifo esférico de pasaje total 2" (no PVC)
- 1 manguito adaptador poliet 75 x 2" roscaM
- 1 cupla reducción soldable 75 x 110 mm
- 585 mts de tubería PVC JEI PN 6 110 mm
- 4 codos 45 ° PVC PN 6 110 mm

Hidrantes Riego

- 10 Tee 90° PVC 110 mm soldable
- 11 Cuplas reducción 110 x 63 mm soldable
- 11 Manguitos adaptador 63 x 2" PVC con rosca
 - 1 Codo 90° PVC 110 mm soldable
- 11 valvulas esfera roscable PVC 2"
- 11 Medio acople camlock aluminio M c/rosca M 2" tipo F
- 11 baldes de 20 lts (alrededor de cada hidrante)
- 11 discos de arado (tapa de hidrantes)

Lateral de aplicación

- 1 Medio acople aluminio H con rosca H 2" tipo D
- 1 adaptador poliet. Rosca M 63 x 2"
- 1 codo 90° poliet. 63 mm
- 200 mts de tubería de polietileno de 63 mm
- 1 adaptador poliet. Rosca M 63 x 2"
- 1 Medio acople aluminio H con rosca H 2" tipo D

Sensores de nivel

- 1 automático de nivel para corte de bomba laguna

Cantidad

Detalle

Tanque lavado inundación del PA

- 1 Tanque PRFV de 15.000 L con 2 salidas de 250 mm
- 1 Base para elevar 1 m el tanque

Accesorios hidráulicos para el lavado

- 4 platinas DIN 250 mm PVC
- 2 codo 90° PVC 250 mm
- 2 válvulas mariposa 10" o 250 mm con reductor manual y platinas
- 4 codos 45° PVC 250 mm
- 2 válvulas de piso para salida de agua con chapa labrada
- 15 mts aprox. caño PVC 250 mm

Bomba para llenado del tanque (reúso de efluente)

- 1 Bomba sumergible para trasvase de efluente (1,5-3 KW)
Punto de funcionamiento (Q= 15 - 20 m³/h ; H = 9 - 11 mca)

Accesorios hidráulicos para el abastecimiento

- 100 mts tubería PE 63 mm para presión
- 4 codo 90° PE 63 mm
- 2 llaves paso tanque 2 1/2"
- 4 codos 45° PVC 250 mm

Sensores

- 2 Automático de nivel tipo boya corte y encendido bomba en laguna
- 200 mts de cable para sensor de nivel
- 200 mts de caño PVC 32 mm para forrado de cable