



**[INFORME DE LOS ANÁLISIS
GEOTÉCNICOS DE MATERIALES
PARA CAPAS DE ENRAIZAMIENTO.
PROYECTO DE GOLF ARCOSUR]**

INFORME TÉCNICO

Tras la solicitud previa de la Green Section de la RFEG, y la posterior entrega por parte de dicho departamento de los análisis elaborados por el European Turfgrass Laboratory (ETL), SURTEC elabora el presente informe en el que se analizan e interpretan los resultados de los análisis de ETL para la utilización de los materiales ensayados en el proyecto de golf de Arcosur, en base a los criterios agronómicos que rigen la calidad de la superficie de juego como resultado de condiciones favorables en el perfil de enraizamiento y del consecuente desarrollo apropiado de la planta.

CONTENIDO:

En este informe:

1. INTRODUCCIÓN
2. MATERIALES PARA SUSTRATO DE ENRAIZAMIENTO EN FAIRWAYS
3. MATERIALES PARA SUSTRATO DE ENRAIZAMIENTO EN TEES
4. MATERIALES PARA SUSTRATO DE ENRAIZAMIENTO EN CANCHA DE PRÁCTICAS
5. CONCLUSIONES
6. CONTACTO.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se estudian los resultados de diferentes análisis geotécnicos llevados a cabo por el laboratorio acreditado por la USGA, European Turfgrass Laboratory, a distintos materiales que pretenden usarse como sustrato para la construcción de distintas capas de enraizamiento en el proyecto de golf Arcosur. Estos análisis se recogen en el Anexo I de este informe.

Se tratan 3 áreas de juego distintas del proyecto (fairways, tees y cancha de prácticas), para las que existen diferentes materiales propuestos, y a las que se les aplica un criterio distinto por la diferencia que existe entre ellas en términos de calidad necesaria en superficie, necesidades de la especie cespitosa, tráfico, etc.

Es necesario indicar que las únicas recomendaciones técnicas relativas al comportamiento de sustratos para proyectos de golf y con la fiabilidad y el reconocimiento internacional apropiados son los publicados por la USGA con aplicación a la construcción de putting greens. Estos estándares, resultado de más de 40 años de investigación en la interacción entre materiales, métodos constructivos, factores climáticos, etc. y la calidad en la superficie de putt, definen las características que los materiales deben cumplir y las técnicas constructivas a aplicar para garantizar un resultado óptimo en la durabilidad de la superficie construida y la calidad de la superficie de juego. Es por esto que, cuando se trata de putting greens, se recomienda seguir fielmente dichas recomendaciones para evitar comportamientos inesperados, superficies de baja calidad o costosas renovaciones innecesarias en cortos periodos de tiempo.

Por otra parte, la USGA recomienda únicamente a aquellos laboratorios certificados por la A2AL (Asociación Americana de Laboratorios Acreditados) para análisis físicos del suelo y posterior comprobación del cumplimiento de sus recomendaciones de construcción y renovación para campos de golf. Únicamente hay 8 laboratorios acreditados en el mundo por la A2AL. Así, sólo los laboratorios acreditados por la A2AL tienen potestad para clasificar según las recomendaciones USGA a los análisis de porosidad, conductividad hidráulica, granulometría, distribución de partículas, etc. de las distintas arenas, gravas y enmiendas empleadas para la construcción de greens en campos de golf.

Cuando se trata de la utilización de arenas para superficies de juego diferentes a greens (calles, tees, etc.), como en el caso que nos ocupa, no se evalúan los materiales aplicando los mismos rangos que en los greens, ya que esto elevaría los costes hasta el punto de hacer inviable la instalación de la lámina de arena. Es claro que es más favorable que los materiales se encuentren en mitad de los rangos recomendados para los parámetros USGA que en los extremos, para quedar del lado de la seguridad en cuanto a su comportamiento y la calidad posterior de la superficie. En cualquier caso, y en relación a esto, es razonable utilizar arenas lo más parecidas posible a las

recomendadas por la USGA, pero no iguales, para establecer calles y tees de calidad a cambio de desembolsos económicos asumibles por los proyectos.

En este sentido, el presidente de Thomas Turf Services, Inc. (laboratorio acreditado por la A2AL y por tanto la USGA para el análisis físico de materiales para putting greens) J.C. Thomas, Agrónomo y MSc en fisiología vegetal, establece que en condiciones de calle pueden ampliarse los rangos de macroporosidad y microporosidad exigidos en greens, manteniendo la calidad en la superficie de juego (Anexo II de este informe). Básicamente, estas recomendaciones de J.C. Thomas extrapolan a las calles las recomendaciones USGA para los greens basándose en que:

- Las condiciones de mantenimiento en calle son menos críticas que en greens.
- Los fairways están sometidos a una menor compactación que los greens ya que el reparto del tráfico respecto a su área total es más amplio que en greens.

En el estudio de los resultados para la determinación de la “Water Release Curve” que se realiza para todos los sustratos en el presente informe, se hará siempre referencia a los límites establecidos por la USGA para construcción de greens y a los límites establecidos por J.C. Thomas de Thomas Turf Service, Inc. para construcción de fairways. En el caso del contenido de humedad en el suelo, la USGA establece un rango del 15-25% para arenas de greens mientras que J.C. Thomas amplía este rango para calles al 15-30%. En el caso de la macroporosidad, esta ampliación del rango pasa del 15-30% USGA en greens al 10-30% de J.C. Thomas en calles. De esta forma se establece que en estas condiciones de fairway, puede reducirse el valor mínimo de aireación y puede elevarse el valor máximo de contenido en humedad, sin que se produzca una reducción en la calidad del césped por falta de aireación o por estrés hídrico respectivamente. En resumen, al dilatar J.C. Thomas las recomendaciones de estos rangos para ambos parámetros, se logra que se consigan satisfacer los valores necesarios a menores tensiones, lo que se traduce en que sean necesarios menores espesores en la laminación, haciendo así más viable económicamente la instalación de las capas de enraizamiento arenosas en las calles.

Aunque en el análisis e interpretación de los resultados se utilizan estos criterios mencionados, publicados por la USGA y sus laboratorios acreditados, en este informe se aplicarán también otros criterios agronómicos, fundamentales en el desarrollo adecuado del césped y su uso en el establecimiento de campos de golf de calidad. Es necesario valorar un conjunto de parámetros para realizar una selección apropiada de arenas. Aunque alguno de estos parámetros puede ser más limitante que otros, es necesario evaluarlos todos para emitir una opinión sólida y objetiva.

A continuación se exponen las interpretaciones técnicas agronómicas de los análisis del ETL entregados por el departamento Green Section de la RFEG, correspondientes a:

- 2 sustratos para su utilización en la laminación de fairways, denominados “Fairways A.S.” y “Fairways A.L.”

- 1 sustrato para su utilización en la construcción de tees (Zaragoza) denominado “Tees R-GRH12F”.
- 1 sustrato para su utilización en la laminación de cancha de prácticas, denominado “Cancha de prácticas Arcosur: Sand Sample”.

Todos ellos en el proyecto de Golf de Arcosur (Zaragoza).

2. MATERIALES PARA SUSTRATOS DE ENRAIZAMIENTO EN FAIRWAYS

2.1. SUSTRATO: Fairways A.S.

a) Distribución del Tamaño de las partículas (Particle Size Distribution)

La distribución granulométrica que presenta la muestra es muy pobre, ya que presenta un 51% de partículas finas. Se desaconseja el uso de este sustrato ya que es susceptible de una compactación rápida en el tiempo, que con total seguridad reducirá drásticamente propiedades como la aireación, infiltración, porosidad total, etc., convirtiéndose en un medio con pocas posibilidades para el desarrollo de un césped deportivo de calidad. La distribución granulométrica lo sitúa en la clase textural de los sustratos franco-arenosos.

b) Conductividad Eléctrica Saturada (Saturated hydraulic conductivity) (K_{sat})

El resultado obtenido para la determinación de la conductividad hidráulica saturada es de 0 mm/h, lo que significa un flujo hidráulico nulo en condiciones de saturación. Este valor de K_{sat} , es el resultado del bloqueo la red de macroporos por la ocupación de dichos espacios por parte de las partículas más finas, resultando en una reducción drástica de la capacidad del sustrato para comunicar agua y por tanto una nula capacidad de drenaje.

c) Curva de liberación de agua (Water Release Curve)

La curva característica de liberación de agua para un sustrato es un parámetro crucial a analizar cuando se está evaluando la idoneidad de dicho sustrato como zona de desarrollo radicular. Dicha curva representa unos valores de macroporosidad y microporosidad que han de encontrarse idealmente dentro de los rangos de tolerancia que establece la USGA, y que garantizan el desarrollo del césped en las condiciones idóneas.

A partir de ésta curva, se pueden determinar cuáles son los espesores mínimos y máximos del sustrato para que los parámetros de microporosidad y macroporosidad, siempre estén dentro los rangos de tolerancia mencionados anteriormente. Para determinar estos espesores máximos y

mínimos tolerables, la USGA establece que la aireación ha de estar siempre comprendida entre 15-30% y el contenido en humedad entre el 15-25%.

En el gráfico 1 al final de este apartado, se representa la curva característica de liberación de agua del sustrato Fairways A.S., en la que aplicando los criterios USGA se puede observar con claridad que las curvas no entran dentro de los rangos aceptables a ninguna de las tensiones ensayadas. De cualquier forma, para este sustrato en particular las curvas muestran un comportamiento nefasto del material en relación a los procesos hidratación y desecación, que incluso a profundidades de 60 cm mantiene las curvas en extremos inadecuados para dichos parámetros. Resumidamente, este es un material que siempre se comportaría de forma inadecuada evitando un desarrollo apropiado del césped y una calidad mínima en la superficie de juego.

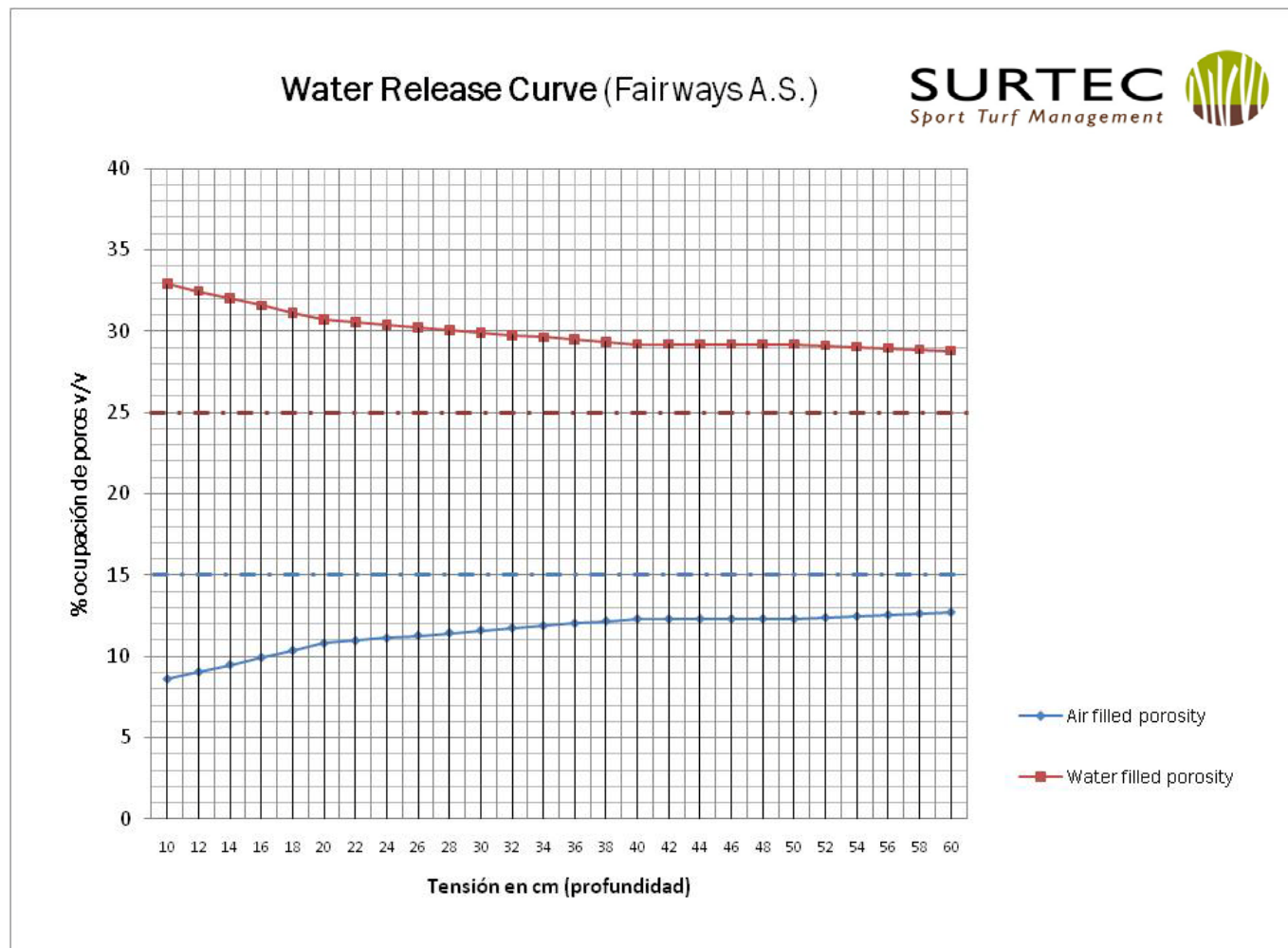


Gráfico 1. Water Release Curve para la muestra del sustrato “Fairway A.S.”, para su uso en las calles del proyecto de golf de Arcosur. En esta gráfica se observa que en aplicación del criterio USGA para el máximo contenido en humedad del 25% (línea discontinua rojiza) y para la aireación mínima del 15% (línea discontinua azul), no hay ningún espesor mínimo ensayado que satisfaga dicho rango.

2.2. SUSTRATO: Fairways A.L.

a) Particle Size Distribution

El análisis granulométrico correspondiente a este sustrato muestra una distribución adecuada de las partículas en los diferentes rangos, presentando un buen equilibrio entre los diferentes tamaños. Presenta un 57% de sus partículas en el rango de arena media y gruesa, y menos de un 10% de finos. La correcta distribución granulométrica resulta en una red de macroporos estable, responsable de la alta tasa de flujo hidráulico que se analiza en el siguiente punto. Si llevamos los valores granulométricos al triángulo textural observamos que se trata de una arena, ideal para el uso que se pretende.

b) Saturated hydraulic conductivity (K_{sat}).

El resultado obtenido para la determinación de la conductividad hidráulica saturada (K_{sat}) es de 373.5 mm/h. Este valor de K_{sat} garantiza una rápida infiltración a través de la zona radicular que evite daños por escorrentía superficial y que permita una recuperación rápida de las condiciones de juego tras un evento de lluvia intensa.

c) Water Release Curve

Basándonos de forma estricta en las recomendaciones USGA, que indican que la aireación debe encontrarse siempre en el rango 15-30% y el contenido en humedad en el 15-25%, observamos en el gráfico 2 mostrado en la página siguiente, que serían necesarios **25.5 cm** de profundidad del sustrato “fairways A.L.” para garantizar el cumplimiento de estos parámetros. Debido a que este material pretende ser usado en la construcción de calles, y en relación a lo comentado en la introducción al respecto de la mayor flexibilidad en el cumplimiento de parámetros, puede realizarse una reducción del espesor de la capa, para hacer más viable económicamente su instalación. De esta forma, y aplicando las recomendaciones de J.C. Thomas del laboratorio Thomas Turf Services Inc., aprobado por la USGA, podría reducirse el espesor de dicha capa hasta un mínimo de **19 cm**, manteniéndose el contenido en humedad en el 30% que establece como máximo admisible.

Se recomienda no reducir el espesor de la lámina de arena por debajo de estos valores, ya que además del aumento de contenido en humedad en el suelo y la reducción de aireación que se observa en el gráfico 2, existen muchos otros factores agronómicos que afectarían negativamente al crecimiento y desarrollo de la planta. A continuación se discuten algunos de los más relevantes.

d) Desarrollo radicular.

El correcto desarrollo radicular es un factor clave para la calidad de la parte aérea de la planta, y por tanto para la calidad en la superficie de juego. Un perfil de suelo más extenso permite el desarrollo de un sistema radicular más amplio, y por tanto mayores recursos para abastecer a la planta en condiciones adversas. Es recomendable que el sistema radicular pueda explorar unos 20 cm para que la parte aérea tenga un desarrollo adecuado en las épocas más desfavorables y

mantenga la calidad deseada en superficie. A menores espesores del perfil de enraizamiento, el sistema radicular será proporcionalmente más limitado para abastecer a la parte aérea de recursos para el correcto crecimiento y desarrollo.

Esto es muy importante en el caso de las calles que estamos analizando debido a la naturaleza del terreno original de la finca con la que se construye la base. Generalmente, cuando la base sobre la que se realiza la laminación de arena tiene unas mínimas propiedades físico-químicas, cuando el sistema radicular alcanza la madurez es capaz de comenzar a explorar dicha base, atravesando la lámina de arena y aumentando de esta forma, la capacidad de absorción de agua y nutrientes para la planta. En este caso en que la base se construye con un suelo de textura fina que al compactarse lo hace totalmente impermeable, resultará más difícil para el sistema radicular explorar dicha base por lo que la práctica totalidad de sus recursos han de provenir de la lámina de arena, y espesores reducidos pueden perjudicar a la disponibilidad de recursos para la planta en situaciones de estrés hídrico. En el Anexo III de este informe, se adjuntan análisis de mezclas de suelo original con arena sin lavar (en ratios arena/suelo de 60/40; 70/30 y 80/20) en los que se aprecia que el suelo es completamente impermeable (K_{sat} inferior a 1 mm/h; cuando el mínimo es de 150 mm/h). Con la arena lavada, el máximo valor de K_{sat} alcanzado fue inferior a 30 mm/h en la proporción 80/20. De este hecho se deduce una permeabilidad insuficiente del suelo original sobre el que se dispondrá el laminado de arena.

e) Situaciones de asfixia radicular

La reducción en el espesor de la lámina hace que aumente proporcionalmente el contenido en humedad del sustrato, en detrimento del contenido de aire, es decir condiciones de saturación en suelo. Esta situación afecta negativamente a las condiciones idóneas para el desarrollo radicular y aéreo de la planta. Un excesivo contenido en humedad de forma prolongada en épocas húmedas, puede afectar al intercambio gaseoso que tiene lugar en las raíces y dañar seriamente a la planta. En situaciones menos drásticas que esta, pero probables a medida que reducimos el espesor, se producirán aparición de algas y musgos en superficie, daños por aparición de “black layer” derivado de las condiciones anaerobias en la zona radicular, y en general pérdida de la calidad de juego en la calle.

En adición a esto, y según su artículo publicado en la revista TurfTalk en 2008, el prestigioso profesor norteamericano Bert McCarty afirma que es muy recomendable que exista un mínimo de 3,8 cm de arena seca en la superficie del suelo cuando la arena del perfil de la capa de enraizamiento está completamente saturada. Esto se traduce normalmente en espesores mínimos de 25 cm de arena, o en su defecto, a la disposición de tuberías de drenaje espaciadas según los cálculos de la ecuación de Hooghoudt para espaciamiento entre líneas de drenaje. McCarty señala que cuando las líneas de drenaje no son empleadas en fairways, será necesario un espesor de arena de mayor (entre 25 y 36 cm), y que por debajo de 25 cm de arena comienza a haber problemas por exceso de humedad en la parte más baja del perfil. Así, McCarty recomienda entre 25 y 30 cm de arena en fairways para obtener un medio de crecimiento con la humedad adecuada

de al menos 13-15 cm de profundidad. Los 13-15 cm restantes permanecerían excesivamente húmedos casi todo el tiempo, especialmente si el suelo inferior presenta un pobre drenaje. McCarty recomienda hasta 36 cm de arena si la capacidad de drenaje del suelo original es extremadamente pobre.

f) Escorrentías superficiales.

Cuando reducimos el espesor de la capa de enraizamiento, se reduce proporcionalmente la capacidad de almacenar agua en dicho perfil. Cuando se producen precipitaciones significativas, el agua se va acumulando en el perfil desde la base hasta la superficie produciéndose escorrentías superficiales y daños asociados una vez esta acumulación ha llegado a la superficie. En la teoría, unos sistemas de drenajes calculados en base a periodos de retorno muy bajos minimizarían la ocurrencia de estas situaciones pero en la realidad, y con el objetivo de ejecutar sistemas de drenaje a costes razonables, estos sistemas se subdimensionan y estas situaciones ocurrirán con mayor frecuencia si se reduce el espesor de lámina. Un espesor adecuado de arena en las calles, se vuelve esencial cuando el suelo original sobre el que se dispone la arena tiene una conductividad hidráulica baja, como el caso de las calles objeto de este informe. Excepto en los casos en los que se disponen tuberías de drenaje separadas en función de la ecuación de Hooghoudt para conducir en forma y tiempo adecuados el agua en exceso, este tipo de suelos se convierten en un grave problema para el campo de golf y sus usuarios si el perfil de arena sobre el no es lo suficientemente espesor.

g) Compactación.

La compactación es uno de los efectos con consecuencias más negativas en el desarrollo de un césped de calidad. De hecho, uno de los motivos principales por los que se recomienda el uso de arenas con determinadas distribuciones de partículas, es para reducir en la medida de lo posible la compactación del terreno en el tiempo. La compactación en las capas de enraizamiento es máxima en superficie y disminuye a medida que profundizamos en el perfil, por esto las operaciones de aireación que se realizan en los primeros centímetros de suelo, suelen ser suficientes para aliviar esta compactación. En este sentido, una reducción en los espesores de la lámina de arena en calle, irá en detrimento del desarrollo de la planta, más aún cuando la norma general es que posteriormente en el mantenimiento de los campos no se realizan todas las labores necesarias de descompactación en calle y es muy común encontrar calles con baja calidad debido a esto. Por esto, en la medida de lo posible es más recomendable mantener los espesores en el rango más alto permitido por los otros parámetros más limitantes.

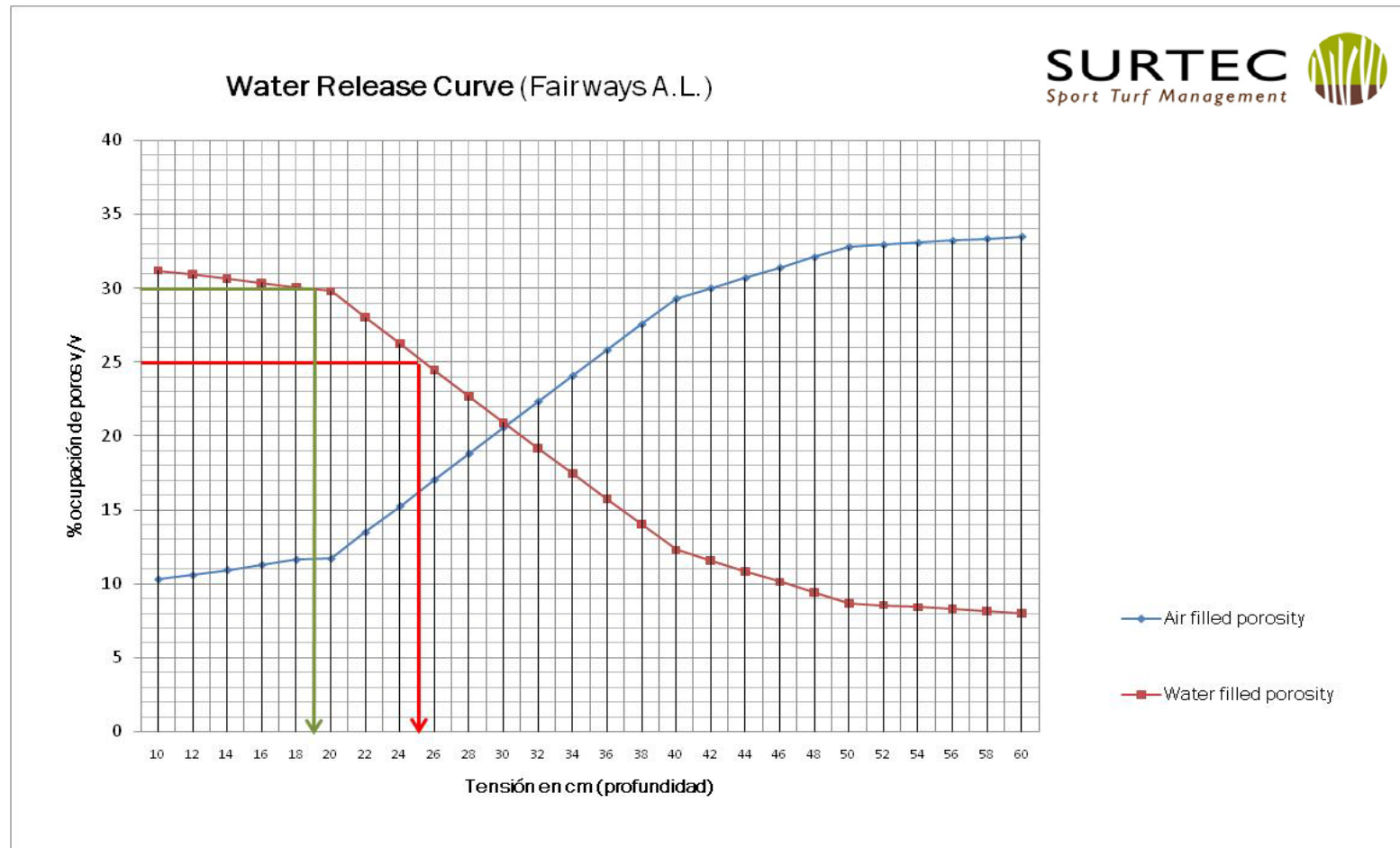


Gráfico 2. Water Release Curve para la muestra del sustrato “Fairway A.L”, para su uso en las calles del proyecto de golf de Arcosur. En esta gráfica se representa que en aplicación del criterio USGA para el contenido en humedad 15-25%, el espesor mínimo de laminado debería estar en 25 cm (flecha roja), mientras que aplicando el criterio menos restrictivo de Thomas Turf Laboratories por tratarse de arena para calles, dicho espesor mínimo puede reducirse hasta los 19 cm (flecha verde), donde el contenido en humedad se encuentra en el máximo aceptable del 30% indicado por dicho laboratorio.

3. MATERIALES PARA SUSTRATO DE ENRAIZAMIENTO EN TEES

a) Particle Size Distribution

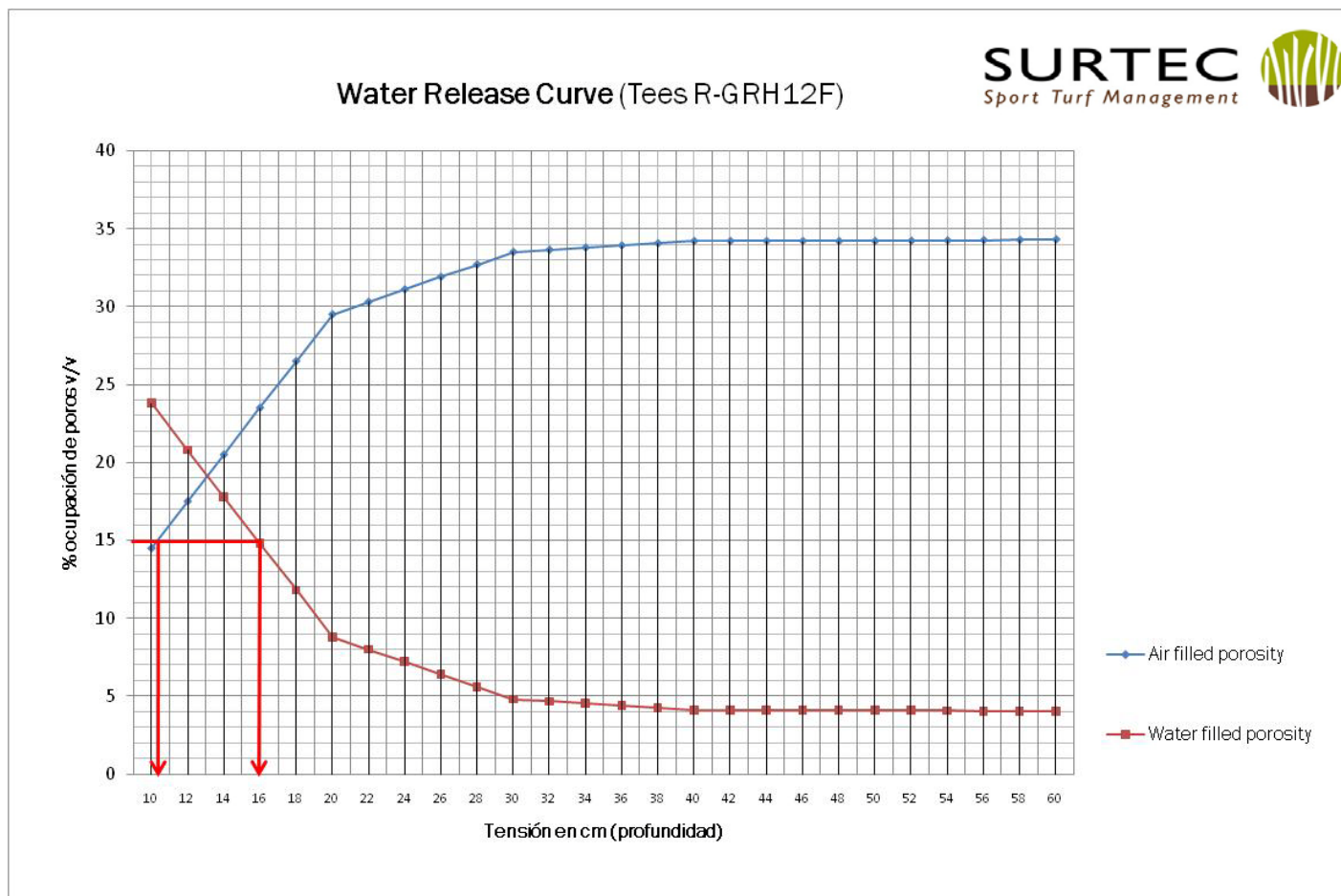
El análisis granulométrico correspondiente a este sustrato muestra una distribución aceptable de las partículas en los diferentes rangos. Presenta una proporción elevada de partículas en el rango de arena gruesa y muy gruesa, y un porcentaje muy bajo de finos, esta distribución es la responsable de la alta K_{sat} analizada en el siguiente punto. Las proporciones lo sitúan en el triángulo textural como una arena.

b) Saturated hydraulic conductivity (K_{sat}).

El resultado obtenido para K_{sat} es de 453 mm/h, 3 veces superior al mínimo de 150 mm/h recomendado por la USGA. Esta arena permitirá una infiltración del agua muy rápida a través del perfil, y un correcto drenaje hacia las tuberías de forma inmediata, evacuándose el exceso de agua en eventos de lluvia de forma rápidamente. Esta K_{sat} tan elevada se debe a los porcentajes tan altos de arena gruesa y muy gruesa que hacen que el tamaño medio de poro sea mayor, y consecuentemente la velocidad con la que el agua es capaz de fluir a través de ellos.

c) Water Release Curve

La curva característica de liberación de agua para la muestra de "Tees R-GRH12F", representada en el gráfico 3 en la página siguiente, muestra una liberación de humedad y entrada de aire muy rápida, resultado de la granulometría gruesa de este sustrato. De esta forma y en base a las recomendaciones USGA de contenido de humedad y aireación mínimos y máximos, se puede observar cómo el espesor de la zona radicular construida con este sustrato es óptimo para estos parámetros **entre los 10.5 y los 16 cm**. Para esta arena, la liberación de humedad se produce de manera mayoritaria entre los 10 y 20 cm. En este intervalo, la curva de contenido en humedad tiene una pendiente elevada, por lo que aumentos en la profundidad de esta arena, aumentarían el riesgo de situaciones de estrés hídrico en la planta, especialmente en periodos secos y en la estación estival.



Gráfica 3. Water Release Curve para la muestra del sustrato “Tees R-GRH12F”, para su uso en tees del proyecto de golf de Arcosur. En esta gráfica se observa que en aplicación del criterio USGA para el contenido en humedad 15-25%, y para la aireación de 15-30%, el espesor de la zona radicular debe encontrarse entre un mínimo de 10.5 cm y un máximo de 16 cm.

4. SUSTRATO PARA LAMINACIÓN DE LA CANCHA DE PRÁCTICAS.

Para la laminación de la cancha de prácticas se ha analizado el sustrato de referencia “Cancha de prácticas Arcosur: Sand Sample”, del cual recibimos los resultados y pasamos a realizar un análisis e interpretación de los mismos.

a) *Particle Size Distribution*

No se aporta análisis granulométrico para la muestra.

b) *Saturated hydraulic conductivity (K_{sat}).*

El resultado obtenido para K_{sat} es de 52.9 mm/h, inferior al mínimo de 150 mm/h recomendado por la USGA.

c) *Water Release Curve*

La curva característica de liberación de agua para la muestra de “Cancha de prácticas Arcosur: Sand Sample”, representada en la gráfico 4, muestra una liberación de humedad y entrada de aire muy lenta y a tensiones elevadas. En este caso obtendremos los espesores mínimos a partir de la curva de macroporosidad, que es la limitante para este sustrato.

Aplicando los criterios USGA de macroporosidad (aireación) y microporosidad (contenido en humedad), los resultados nos indican que sería necesario un espesor mínimo de lámina de sustrato ligeramente inferior a los **38 cm** para satisfacer dichos criterios. Tratándose de la cancha de prácticas, que puede considerarse como una situación similar a la del fairway, y aplicando los criterios de ampliación de rangos para macroporosidad y microporosidad establecidos por J.C. Thomas de Thomas Turf Services, Inc., el espesor de la lámina puede reducirse hasta los **24 cm** para cumplir el mínimo del 10% de macroporosidad, limitante en este caso como se ha citado anteriormente. En cualquier caso, entre los 20 y los 30 cm de tensión, la curva de contenido en aire se encuentra en un ascenso pronunciado y reducciones mayores en el espesor de la lámina suponen contenidos de aire muy bajos que pueden provocar problemas en el desarrollo adecuado de la planta.

Instalando la capa de enraizamiento con la profundidad de 24 cm, además situar la curva dentro de unos límites aceptables para macro y microporosidad, proveemos de profundidad suficiente para un desarrollo radicular adecuado que mantenga un abastecimiento adecuado de recursos a la parte aérea.

Water Release Curve (Cancha de prácticas Arcosur: Sand Sample)

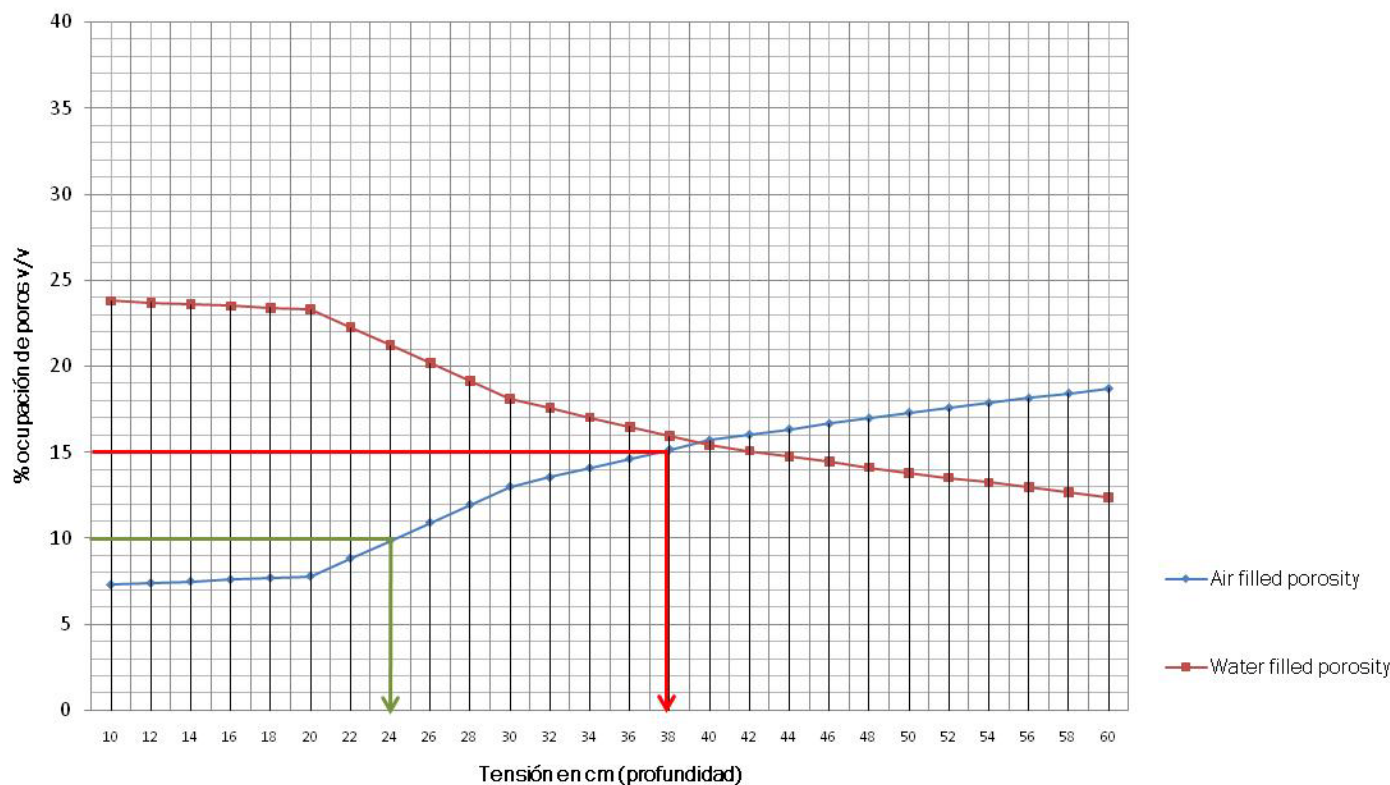


Gráfico 4. Water Release Curve para la muestra del sustrato “Cancha de práctica Arcosur: Sand Sample”, para su uso en la laminación de la cancha de prácticas del proyecto de golf de Arcosur. En esta gráfica se observa que en aplicación del criterio USGA (flecha roja) para el contenido en humedad 15-25%, y para la aireación de 15-30%, el espesor de la zona radicular debería tener un mínimo de 38 cm. Sin embargo, ampliando dichos rangos a 15-30% y 10-30% respectivamente en base al criterio de J.C. Thomas (flecha verde) por la aplicación de condiciones de fairway, dicho espesor puede reducirse hasta los 24 cm.

5. CONCLUSIONES

Utilizando recomendaciones elaboradas por la USGA y sus laboratorios acreditados para su aplicación específica en la construcción de putting greens, además de criterios agronómicos elementales para garantizar una superficie de calidad para el correcto desarrollo del juego, se han analizado los resultados de análisis practicados a los materiales que se barajan para construir las distintas capas de enraizamiento en el proyecto de golf de Arcosur.

5.1. SUSTRATOS PARA CONSTRUCCIÓN DE CALLES

- El sustrato “FAIRWAY A.S.” muestra una distribución granulométrica muy pobre, con excesivo contenido en limos y arcillas. La conductividad hidráulica saturada es de 0 mm/h, lo que significa un flujo hidráulico nulo en condiciones de saturación. Esto hace que se **desaconseje por completo** su uso como sustrato de enraizamiento, independientemente del resultado de dicho material para otros parámetros.
- La arena “FAIRWAY A.L.” muestra una buena distribución granulométrica de las partículas y una red de macroporos adecuada, ideal para su uso en calles. La conductividad hidráulica saturada supera el doble del valor mínimo recomendable establecido por la USGA para greens, garantizando por tanto una recuperación rápida de las condiciones de juego tras eventos de lluvia intensa. En base a lo discutido en el punto 2.2. respecto al aumento de humedad en el suelo, necesidad de profundidad para desarrollo radicular y los riesgos asociados a saturación y encharcamientos por la similitud de las calles del proyecto de Arcosur con el caso discutido por el Dr. McCarty en el artículo que adjunta en el anexo IV, se recomienda no reducir los espesores por debajo de los 20 cm, ya que aumenta significativamente el riesgo de la pérdida de calidad en la superficie de juego por los problemas asociados discutidos.

5.2. SUSTRATOS PARA CONSTRUCCIÓN DE TEES

- El material analizado para su uso en tees, con referencia “Tees R-GRH12F” presenta una granulometría con alto porcentaje en arenas gruesas y muy gruesas. Debido a esto, la conductividad hidráulica saturada es muy superior a la mínima recomendada por la USGA, garantizándose así un drenaje en superficie y una infiltración adecuados. La curva característica de liberación de agua, en base a las recomendaciones USGA, indica un espesor del perfil de enraizamiento comprendido entre los **11 y los 16 cm**. Se recomienda instalar espesores en el rango más elevado por los mismos motivos que en el caso anterior, aunque **no se recomienda superar dichas profundidades** ya que esto aumentaría las situaciones de estrés hídrico en la planta y los daños asociados a esto.

5.3. SUSTRATO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA CANCHA DE PRÁCTICAS

- Para el único sustrato analizado para uso en capa de enraizamiento de la **cancha de prácticas**, con referencia “Cancha de prácticas Arcosur: Sand Sample”, no se dispuso del análisis granulométrico por lo que no está evaluado en este informe. La conductividad hidráulica saturada es muy inferior al mínimo recomendado por la USGA, por lo que el exceso de agua tras lluvias intensas tardará más en eliminarse que en el caso de las calles y los tees del campo.
- La curva característica de liberación de agua indica que sería necesario un espesor mínimo de la capa de enraizamiento ligeramente inferior a los 38 cm para satisfacer el criterio USGA. Aplicando sin embargo los criterios establecidos por J.C. Thomas de Thomas Turf Services, Inc., el espesor de la lámina puede reducirse hasta los **24 cm**. En cualquier caso, entre los 20 y los 30 cm de tensión, la curva de contenido en aire se encuentra en un ascenso pronunciado y reducciones mayores en el espesor de la lámina suponen contenidos de aire muy bajos que pueden provocar problemas en el desarrollo adecuado de la planta. Por ello, **se recomienda no reducir más** el espesor del perfil para el caso de este sustrato.

Para que este documento surta los efectos oportunos, adjuntan abajo su firma los responsables de su elaboración, en Sevilla a 31 de enero de 2.011.

Firmado:



PABLO MUÑOZ VEGA
INGENIERO AGRÓNOMO
MSc Cranfield University
Nº Colegiado COIAA: 2920



LUIS CORNEJO HERMOSÍN
INGENIERO AGRÓNOMO
MSc Cranfield University
Nº Colegiado COIAA: 2857

6. CONTACTO

SURTEC
Sport Turf Management



C/ LUIS BELMONTE 2, 1-1ºC

41018 SEVILLA

TFN: 954.53.12.08

www.surtec.es

info@surtec.es

DIRECTORES TÉCNICOS

PABLO MUÑOZ VEGA
INGENIERO AGRÓNOMO
MASTER OF SCIENCE SST
mail: pmvega@surtec.es
Tfn: 628.183.547

LUIS CORNEJO HERMOSÍN
INGENIERO AGRÓNOMO
MASTER OF SCIENCE SST
mail: lcornejo@surtec.es
Tfn: 651.835.075