

Resúmenes del contenido de las tesis de ingeniería dirigidas por investigadores del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del ISPJAE, año 2015

Summaries of the content of the engineering theses directed by researchers of the Agricultural Engineering Institute (IAgric), in the Faculty of Hydraulic Engineering of the ISPJAE, year 2015

Estudio del drenaje superficial en el área de cultivos varios de la UEBA “Sierra Maestra”

Autor: Adriana Suárez Torres¹

Tutores: Dr.C. Greco Cid Lazo, Ing. Guillermo Hervis Grand

El presente trabajo se realizó en áreas de cultivos varios de la UEB Arrocera (UEBA) “Sierra Maestra” de Los Palacios, la cual es afectada de manera considerable por problemas de mal drenaje. En la mayoría de sus zonas existen problemas de sobrehumedecimiento y anegamiento, producto a las aguas de escurrimiento sobre la superficie de los terrenos y a la capa impermeable característica de los suelos predominantes en la zona. Estos problemas inciden en la pérdida parcial de la producción de los cultivos establecidos. Con el fin de identificar las causas del mal drenaje existente, se realizó un diagnóstico de los sistemas de riego y drenaje, y se efectuó el cálculo del escurrimiento superficial, que es un elemento fundamental del diseño hidrológico. Este escurrimiento superficial es originado por las lluvias máximas consecutivas de 1 a 5 días, y es calculado a través del método de la Curva Número desarrollado por el Soil Conservation Service de USDA (1973). Se empleó este método ya que el mismo considera variables edáficas, climáticas, hidrológicas y agronómicas. Para dar cumplimiento a las tareas antes expuestas, se analizaron los rendimientos de los cultivos en los últimos 3 años, se caracterizaron los sistemas de riego y drenaje, y se dividió el área en 10 campos para lograr un análisis más detallado, debido a que en cada uno de ellos se reflejaban problemas distintos. También se definió a partir de un análisis de eventos extremos, la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 10 años, se calculó el escurrimiento real para dicha precipitación y se determinó el módulo de drenaje. A partir de lo antes mencionado, se pudo concretar cuáles son los principales problemas que provocan el mal drenaje. Se determinó que el escurrimiento máximo superficial a evacuar para los cultivos tomate y frijol fue de 135,46 mm y que para el tiempo máximo permisible se deben evacuar 15,69 l s⁻¹.ha. Para estos gastos debe ser diseñado un nuevo sistema de drenaje.

¹ Graduada de Ingeniero en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: dptoambiente1@iagric.cu

Potencial de reúso de las aguas de drenaje para el riego del arroz. Caso de estudio UEB “Sierra Maestra”

Autor: Sergio Trujillo Coromina^{II}

Tutores: Dr. Julián Herrera Puebla, Ing. Guillermo Hervis Granda

El arroz es un alimento fundamental en la dieta del cubano, sin embargo su producción actual está muy ligada a las demandas de agua de este cultivo que consume alrededor del 30% del agua total balanceada en el país. El déficit de agua para riego provocado por la actual sequía demanda de la búsqueda de alternativas para lograr producciones que disminuyan las importaciones de este cereal y se pueda lograr una sostenibilidad alimentaria sobre bases ambientales. A través del diagnóstico realizado, se determinó que la UEBA “Sierra Maestra” del municipio Los Palacios cuenta con un sistema de campos arroceros con más de 30 años de explotación que no se encuentra en óptimas condiciones, lo que trae como consecuencia que se necesite más agua que la que realmente se consume, y que mucha de ella finalmente se pierde a través de los canales de drenaje. También se puso de manifiesto las bajas eficiencias del uso del agua de riego, lo que aunado a la intensa sequía del año en curso ha puesto en evidencia la necesidad del reúso de las aguas excedentes de riego y los escurrimientos superficiales producto de las precipitaciones. A dicha situación y la inexistencia de datos que registren el caudal que se reúsa por el exceso de riego y los aportes de las precipitaciones que pueden ser explotados; el presente trabajo se propone como objetivo la obtención del potencial de reúso de las aguas de drenaje para el riego del arroz, siendo este el cultivo de mayor demanda dadas sus condiciones de siembra. Se realizó un diagnóstico para caracterizar el sistema de riego y drenaje y la situación del reúso de las aguas de drenaje en las condiciones del sistema, a tales efectos, se realizaron inspecciones y fueron entrevistados trabajadores y directivos de la empresa. Además se determinó, para las condiciones de estudio, el módulo de drenaje para distintos períodos de retorno a partir del procesamiento de las lluvias máximas aplicando el método de las Curvas PFD. En el caso de las zonas seleccionadas se determinó el escurrimiento potencial aprovechable para distintos períodos de retorno y a partir de pruebas de campo se determinó el escurrimiento aprovechable producto al exceso de riego. Como resultado de las inspecciones y mediciones realizadas se concluyó que el estado del sistema de riego y drenaje no cumple con las condiciones necesarias para alcanzar niveles de eficiencia que permitan una mayor productividad. La empresa emplea las aguas de drenaje ya sea de forma directa o combinada con el riego sin embargo no se controlan, ni se miden las cuantías aportadas por el drenaje. El módulo de escurrimiento potencial máximo para precipitaciones con diferentes períodos de retorno, dada una serie de 20 años consecutivos. Reportó valores máximos de $5,09 \text{ L s}^{-1}$ ha para 20 años de período de retorno. Las mediciones realizadas proporcionaron resultados que evidencian un aporte de 100 L/s por exceso de riego. Se reafirmó lo planteado en investigaciones anteriores respecto a la existencia de pérdidas que potencian la ineficiencia del sistema de riego llegando a reportarse un punto donde la eficiencia disminuye un 19% en 100 m con pérdidas de 48 L/s .

ⁱⁱ Graduado de Ingeniero en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: direccioninvest1@iagric.cu

Evaluación de la aplicabilidad del Modelo Matemático WinSRFR 4.3 para el diseño y evaluación del riego superficial

Autor: Ludmy Suárez Goireⁱⁱⁱ

Tutores: Dr.C. Teresa López Seijas, Ing. Guillermo Hervis Granda

Este trabajo de tesis tuvo como objetivo general hacer una primera evaluación de la aplicabilidad de la herramienta de simulación WinSRFR, reconocida como de las más utilizadas en la literatura internacional, en el diseño y evaluación del riego superficial en terrazas arroceras del municipio Los Palacios de la provincia de Pinar del Río de Cuba y demostrar sus posibilidades para la predicción de la eficiencia de aplicación del agua en estos sistemas. Para el estudio se utilizaron los valores de las evaluaciones de campo del riego superficial realizadas anteriormente en las condiciones de estudio y la información existente sobre las propiedades físicas del suelo. Entre los principales resultados están la obtención de los parámetros tecnológicos del riego superficial para las diferentes condiciones de pendientes, caudales y longitudes de terraza evaluadas para los dos escenarios considerados: terrazas con pendiente constante y terrazas con pendiente variable según las condiciones del terreno. Se define que para el caudal mínimo ($0,5 \text{ L s}^{-1} \cdot \text{m}$) en todos los casos no se obtienen valores de eficiencia aceptables (menores del 50%). Para los casos de las terrazas con pendientes constantes la eficiencia de aplicación aumenta y se alcanzan valores cercanos o superiores al 80% para valores de caudales por encima de $1,5 \text{ L s}^{-1} \cdot \text{m}$ y para longitudes de terrazas entre 80 m - 120 m . Para el escenario de terrazas con pendientes según la variabilidad del terreno, los mayores valores de eficiencia de aplicación pueden obtenerse con caudales iguales o superiores a $1,5 \text{ L s}^{-1} \cdot \text{m}$ y longitudes de terrazas entre 60 m y 100 m . La comparación de los resultados obtenidos con los referidos en estas mismas condiciones con el modelo SIRMOD, reflejaron errores medios en la predicción de la eficiencia de aplicación y las pérdidas por percolación de más del 20% para los mayores valores de caudales y longitudes de terrazas evaluados, lo cual se asocia a las simplificaciones del modelo SIRMOD en su implementación unidimensional que solo permite obtener valores potenciales y demuestra las mayores prestaciones y precisión del modelo WinSRFR para estos estudios. Los resultados alcanzados aportan además las bases para la extensión de la aplicación de esta herramienta a otras condiciones de suelo y de producción de Cuba.

ⁱⁱⁱ Graduada de Ingeniero en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: directoradjunta@iagric.cu

Estudio para la selección de equipos de bombeo en entidades productivas del municipio Güira de Melena que contribuya a atenuar el fenómeno de intrusión salina

Autor: Esmaylier Gutiérrez Guerra^{IV}

Tutores: Dr.C. Enrique Cisneros Zayas, Dr.C. Teresa López Seijas

En los acuíferos costeros abiertos, cuyas características geológicas permiten el contacto de agua dulce con el agua salada, se forma una zona de interfaz, cuando no se modifican las condiciones naturales existentes el acuífero se mantiene en un estado de equilibrio donde la interfaz permanece estacionaria, si se hacen extracciones de agua dulce en exceso, la rasante hidráulica bajará cerca de la costa, de modo que la presión del agua dulce se hará menor que la del agua salada subyacente en la interfaz y empezará a entrar tierra dentro, a partir de ese momento comienza a producirse el fenómeno de intrusión salina. El municipio Güira de Melena está ubicado sobre un acuífero con características similares a la descrita y donde el fenómeno de intrusión salina está presente debido entre otras causas a la sobreexplotación de los pozos para el riego, es por ello el presente trabajo tiene como objetivo general hacer un estudio para la selección de equipos de bombeo en entidades productivas del municipio Güira de Melena que contribuyan a la reducción del fenómeno de intrusión salina en el acuífero costero sur de la provincia de Artemisa. Para el estudio se seleccionaron dos entidades productivas donde se realizó un diagnóstico que permitió conocer la situación actual de las estaciones de bombeo, a partir del hidromódulo fijado de $2,85 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ se definió para cada entidad el caudal necesario y mediante la relación beneficio-coste se pudo conocer la efectividad económica de las propuestas realizadas. Como resultado se tiene que con la adecuada selección del equipo de bombeo se reducen entre un 25 y 67% los caudales a extraer del acuífero en comparación con los caudales actuales bombeados contribuyendo significativamente a atenuar el fenómeno de intrusión salina, que la potencia de los motores instalados actualmente superan la potencia necesaria en valores que oscilan entre 1,75 y 3,40 veces más, lo que provoca una mayor demanda en capacidad de transformadores y obras inducidas elevando los costos de bombeo de 0,67 a 1,03 peso-h⁻¹ y por último cuando los equipos de bombeo están adecuadamente seleccionados se logran relaciones Beneficio-Coste superiores a la de los equipos sobredimensionados, mejorando el desempeño del riego y permitiendo que la actividad sea viable y sostenible.

^{IV} Graduado de Ingeniero en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: dptoriego1@iagric.cu

Calculo de la demanda de agua para riego en campos de golf

Autor: Jessica Addis Smith Gali^V

Tutores: Dr.C. Julián Herrera Puebla. Dr.C. Felicita González Robaina

El desarrollo de campos deportivos para la práctica del Golf forma parte de la política de desarrollo del turismo en Cuba. Cuando hablamos de campos de golf de una manera informal, aparecen una serie de tópicos que no siempre se corresponden con la realidad. Uno de ellos es la cantidad y calidad del agua que consumen. La normativa impide crear nuevos suministros de agua para los campos de golf y regarlos con aguas que no sean residuales. Los actuales campos ya están diseñados con la mirada puesta en el ahorro de la mayor cantidad de agua posible, y ello se sustenta fundamentalmente en la mejora de las infraestructuras del propio campo (sustratos, drenajes, diseño del riego etc.), y en el uso de variedades de césped con bajo consumo de agua. Este trabajo tiene como finalidad establecer una metodología para calcular la demanda de riego de un campo de golf, con criterios técnicos, y siguiendo la guía de las normativas para una correcta aplicación de la dosis de riego, haciendo énfasis en El proyecto—The Carbonera Golf and Country Club! en vía de ejecución en el poblado La Carbonera, en Matanzas. Me-

diante esta metodología se intenta implantar en Cuba una normativa que nos permita el empleo eficiente del agua destinada para riego donde estén implícitos parámetros correspondientes a nuestras condiciones geográficas y que sirva de primicia para el cálculo en futuros campos a construir en el país.

^V Graduada de Ingeniero en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: direccioninvest1@iagricu

Determinación del cambio del módulo de aspersión en máquinas de pivote central. Estudio de caso

Autor: Liennys Romero Hernández^{VI}

Tutores: M.Sc. Esequiel Jimenes, M.Sc. Zenén Placeres

En el presente trabajo se muestra un análisis real para la determinación de la sustitución del módulo de emisores y reguladores de presión en un pivote. Este análisis parte de realizar una evaluación pluviométrica a las dos máquinas que se tomaron de estudio en la Unidad Agropecuaria Militar de Arroyo para determinar los indicadores de calidad de riego. Luego se determinaron los costos variables asociados al módulo de emisores actual y nuevo a partir de las bases de datos y formulaciones correspondientes. Como resultado se obtuvo que la calidad de riego de dichas máquinas es baja, afectando los rendimientos agrícolas. Esto trajo como consecuencia un costo adicional de mantenimiento y un costo por pérdida de rendimiento elevado. El resto de los costos variables relacionados con la energía, mano de obra y consumo de agua no mostraron diferencias por estar ambas máquinas en iguales condiciones de explotación. Basado en lo anterior se relacionaron dichos costos adicionales con los costos fijos (precio de adquisición y costo de instalación del módulo de emisores y de reguladores de presión) para obtener que es necesario realizar el cambio del módulo de emisores en las máquinas estudiadas. También se recomienda a la empresa cambiar el módulo de aspersión y aplicar este procedimiento al resto de las máquinas de riego de pivote central eléctricas que allí se encuentran.

^{VI} Graduada de Ingeniero en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: dptoriego11@iagricu

Obtención de indicadores técnicos y económicos para la planificación del desarrollo del drenaje superficial en la provincia de La Habana caso de estudio: finca de la zona zapote de la ECV Melena del Sur. Provincia Mayabeque

Autor: Dalay de la Caridad Quintana Machado^{VII}

Tutor: Dr. Ing. Marcial A. Méndez Fernández

En el año 1992, se instaló una solución de drenaje parcelario que mejoró las condiciones de trafabilidad de las máquinas de riego de pivote central hidráulicas instaladas en los suelos mal drenados, de una de las fincas de la zona Zapote de la Empresa de Cultivos Varios (ECV) Melena del Sur de la provincia La Habana, y que contribuyeron a reducir el número de roturas en las estructuras de las máquinas, y que posibilitaron el incremento de los rendimientos agrícolas en un 30-40 % por encima del testigo sin drenaje. En el presente trabajo de grado, se rediseñó el sistema de drenaje superficial empleado en aquella ocasión, con el objetivo de eliminar algunas deficiencias encontradas y que influyeron en la funcionabilidad del sistema. Se realizó un análisis económico para ver la rentabilidad de la obra, los resultados demuestran lo costoso que resulta instalar un sistema de drenaje superficial; mas, ratifica los beneficios de su utilización; aportando ingresos a lo largo de la vida útil del sistema. Este análisis permitió definir indicadores que podrán ser utilizados en el futuro, en la región con características de suelo y topografía similares.

^{vii} Graduada de Ingeniero en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: dptoriego8@iagric.cu

Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de la zanahoria a partir del uso de herramientas de modelación

Autor: Yonesky Soca García^{viii}

Tutores: Dr.C. Yoima Chaterlan Durruthy, Dr.C. Carmen E. Duarte Díaz

El suelo y el agua son dos de los recursos más importantes del ambiente natural y de la agricultura, especialmente la agricultura de regadío. La necesidad de una gestión de forma eficiente y sustentable es uno de los problemas vitales de nuestros tiempos. En los países de agricultura desarrollada, las necesidades de agua de los cultivos son calculadas utilizando la evapotranspiración del cultivo (ET_c), y los coeficientes de cultivo (K_c), los que expresan la relación adimensional entre la demanda climática y la demanda del cultivo por lo que pueden dentro ciertas condiciones ser extrapolados, de ahí su importancia y utilidad. La seguridad alimentaria en Cuba depende en gran parte de la práctica de riego, donde se consigue incrementar la producción en relación a las áreas de secano. Razones como estas justifican el uso eficiente del agua en la agricultura de regadío y un primer paso en este sentido lo constituye la precisión en la estimación de los coeficientes de cultivo, que son utilizados en el cálculo de las necesidades hídricas. La aplicación de nuevos conceptos implementados en herramientas de simulación matemática para aumentar la precisión de estos cálculos permite para las condiciones de desarrollo de la agricultura cubana actualizar y precisar estos estudios acordes al nivel internacional. El modelo de simulación WinISAREG, permite el planeamiento y gestión de la programación del riego en el cultivo determinado, en este estudio ha sido utilizado para el cultivo de la Zanahoria (*Daucus carota L.*) Variedad Chantenay. El modelo fue validado para las condiciones locales del sur de Artemisa considerada como una zona representativa de las mejores condiciones para la producción agrícola cubana, obteniéndose un buen ajuste entre los datos simulados y observados. Los resultados obtenidos para los diferentes escenarios simulados, permiten asumir la capacidad del mismo para ser utilizado como herramienta de trabajo en la aplicación del pronóstico de riego.

^{viii} Graduado de Ingeniero en la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: jdptoambiente@iagric.cu