

APÉNDICE A

```

% Programa para calcular la funcion de transmitancia del sensor de angulo
utilizando dos          %
% colimadores de fibra optica.
%
% La funcion de transmitancia calcula la integral de recubrimiento de un
haz gaussiano con un    %
% corrimiento h con el area de la circunferencia del colimador de salida
%
%
%divergencia angular a 20mm 0.65°
clear all
clc

R=5; %Radio del area del nucleo de la fibra en el colimador de recepcion
w=7.8;%Diametro del modo fundamental en la fibra monomodal Corning SMF28
h=[-12:1:12];%Corrimiento lateral del haz dada la deflexión fotototermica
x=[-R:2*R/1000:R];%Intervalo de distancia para la evaluacion de la integral
deltax=2*R/1000;%Paso para evaluar la integral
f=4500;% distancia focal del colimador del sensor de angulo por separado

Icero=(1/(sqrt(pi/2)*w))^2;          %Intensidad del haz gaussiano

for i=1:1:size(h,2)
    h(i)
    for j=1:1:size(x,2)
        inter(i,j)=Icero*(w/sqrt(2))*sqrt(pi)*(exp(-(h(i)-
x(j))^2)/(w^2/2))*erf(sqrt(R^2-x(j)^2))*deltax;
    end
    Pout(i)=sum(inter(i,:));
end

% Calcula numericamente la integral con la funcion trapz

for i=1:1:size(h,2)
    Y=Icero*(w/sqrt(2))*sqrt(pi)*(exp(-(h(i)-
x).^2/(w^2/2)))*erf(sqrt(R^2-x.^2));
    Z(i)=trapz(x,Y);
end

plot(h,Pout);
hold on
plot(h,Z,'bo');
xlabel('desplazamiento lineal (micras)');
ylabel('intensidad (u.a.)');
hold off

figure(2)
teta=(h/f).*(180/pi)*60; %Conversion del desplazamiento lateral en
desplazamiento angular minarc
plot(teta,Pout);
xlabel('desplazamiento angular (min arc)');
ylabel('intensidad (u.a.)')

```

APÉNDICE B

A continuación se presenta el código del programa de Matlab utilizado para el cálculo de las dimensiones del sensor de flujo de calor en configuración de múltiples reflexiones, cabe mencionar que existen algunas anotaciones que facilitan la comprensión del mismo.

```

clear;close all;clc;
disp ('Las dimensiones del bloque en [mm] son: h=Altura total del bloque
R0=Longitud inferior del bloque')
h=10%Todas las acotaciones son en mm
L=25%Dimension de la longitud inferior del bloque

for n=1:8
    if n==8
        disp('Esta es la ultima iteración ')
    end
    teta=input('Ingresa el valor del angulo de entrada del haz incidente
                en grados: ')
    a=L*tand(teta);
    if a<=h,
        R1=L/cosd(teta);
        b=2*a;
        if b<=h,
            R2=2*R1;
            c=3*a;
            if c<=h,
                R3=3*R1;
                d=4*a;
                if d<=h,
                    R4=4*R1;
                    e=5*a;
                    if e<=h,
                        R5=5*R1;
                        f=6*a;
                        if f<=h,
                            R6=6*R1;
                            g=7*a;
                            if g<=h,
                                R7=7*R1;
                                k=8*a;
                                if k<=h,
                                    R8=8*R1;
                                    disp('La altura del haz en la última
                                        reflexión en [mm] es:')
                                    k
                                    disp('El recorrido total del haz en
                                        el interior del bloque en [mm] es')
                                    Rt=8*R1
                                    disp('El numero de reflexiones
                                        internas es:8')
                                else
                                    disp('La altura del haz en la última
                                        reflexión en [mm] es:')
                                    g

```

```

disp('El recorrido total del haz en
    el interior del bloque en [mm] es')
Rt=7*R1
disp('El numero de reflexiones
    internas es:7')
end
else
disp('La altura del haz en la última
    reflexión en [mm] es:')
f
disp('El recorrido total del haz en el
    interior del bloque en [mm] es')
Rt=6*R1
disp('El numero de reflexiones internas
    es:6')
end
else
disp('La altura del haz en la última reflexión en
    [mm] es:')
e
disp('El recorrido total del haz en el interior
    del bloque en [mm] es')
Rt=5*R1
disp('El numero de reflexiones internas
es:5')
end
else
disp('La altura del haz en la última reflexión en
[mm] es:')
d
disp('El recorrido total del haz en el interior
del bloque en [mm] es')
Rt=4*R1
disp('El numero de reflexiones internas es:4')
end
else
disp('La altura del haz en la última reflexión en [mm] es:')
c
disp('El recorrido total del haz en el interior del bloque
    en [mm] es')
Rt=3*R1
disp('El numero de reflexiones internas es:3')
end
else
disp('La altura del haz en la última reflexión en [mm] es:')
b
disp('El recorrido total del haz en el interior del bloque
    en [mm] es')
Rt=2*R1
disp('El numero de reflexiones internas es:2')
end
else
disp('La altura del haz en la última reflexión en [mm] es:')
a
disp('El recorrido total del haz en el interior del bloque en
    [mm] es')

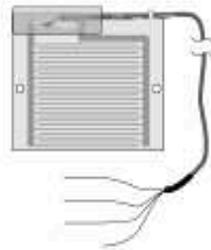
```

```
        Rt=R1
        disp('El numero de reflexiones internas es:1')
    end
else
    disp('La altura del haz en la última reflexión excede las
        dimensiones del bloque:')
end
end
end
```

APÉNDICE C



Sensores para medidas de humedad en suelos, humectación y flujo de calor
227/223, 257/253, 237/237F y HFP01



Introducción

Este folleto describe una pequeña selección de sensores fabricados o no por Campbell Scientific a fin de permitir la construcción de un sistema de adquisición de datos personalizado.

Conectados a un datalogger de Campbell Scientific, las lecturas de los siguientes sensores pueden procesarse en tiempo real para proporcionar, por ejemplo:

- El potencial de agua en suelo en bares, (227/223/257/253)
- La humectación de las hojas en porcentaje (100% significa que la hoja está saturada)(237/237F)
- El flujo de calor del suelo en Wm^{-2} (HFP01)
- El máximo, el mínimo, la media o la desviación estándar de cualquier parámetro.

Bloques de humedad en suelo 227 y 223

Los bloques de yeso proporcionan un método práctico y económico de estimación del potencial hídrico del suelo. El bloque cilíndrico de Delmhorst está constituido de dos bloques de yeso que envuelven dos electrodos concéntricos, que hacen circular corriente por el interior del bloque, reduciendo

de forma apreciable el potencial por bucles a tierra.

El bloque de yeso debe reemplazarse regularmente. Los sensores 257 y 253 ofrecen una mayor robustez.

Características Principales

- ✓ Sensores simples y seguros
- ✓ Conexión directa al datalogger
- ✓ Longitudes largas de cable bajo pedido
- ✓ Suministramos programas ejemplo
- ✓ Compatibles con multiplexores para experimentos a gran escala

Aplicaciones típicas

- ✓ Construcciones de edificios
- ✓ Estimaciones de Evapotranspiración (Eto)
- ✓ Monitorización Medioambiental
- ✓ Ensayos agricultura

Bloques de yeso 227 y 223

Calibración

El yeso presente entre los electrodos y el suelo crea un tapón contra las sales que pueden afectar la conductividad eléctrica y por tanto la calibración del bloque. Son necesarias recalibraciones para obtener medidas precisas del potencial hídrico.

Mantenimiento

Los bloques de yeso tienen una duración típica de uno a dos años. Los suelos ácidos y salinos degradan los bloques más rápidamente. Para aumentar la duración de vida de los bloques, y si no son utilizados, es recomendable retirarlos del suelo durante el invierno. Los bloques instalados en superficie pueden helarse y agrietarse, los bloques en profundidad pueden no estar en contacto con el suelo. Sea cual sea la profundidad, los bloques dejados durante el invierno están sujetos a la corrosión.

Compatibilidad

El sensor 227 está preparado para ser utilizado directamente con el datalogger. El sensor 223 no tiene condensadores de desacoplo y se utiliza con el multiplexor AM16/32 únicamente. Una resistencia de precisión de 1k Ω , 0.1% (no suministrada) es necesaria para completar el puente con un sensor 223.

- Rango de medida de 0.1 a 10 bares.
- Longitud standard de cable: 7.5m
- 20mm de diámetro, y 28mm de longitud

Sensores de humedad en el suelo 257 y 253

Descripción

Los sensores 257 y 253 ofrecen una mayor robustez que los sensores 227 y 223. Estos sensores están fabricados por Watermark y están constituidos de dos electrodos concéntricos envueltos en un material de referencia. El material de

Medida

El cálculo del potencial hídrico se puede hacer directamente en el datalogger. El cálculo necesita la medida de la temperatura en suelo, que puede ser dada por un sensor como la sonda de temperatura 107 de Campbell Scientific.

Compatibilidad

El sensor 257 está configurado para utilizarse con un datalogger. La sonda 253 no tiene condensadores de desacoplo y debe utilizarse con el multiplexor AM16/32 únicamente. Hacer notar que una resistencia de precisión de 1k Ω 0.1% (no suministrada) es necesaria para hacer el puente con una sonda 253.

- Rango de medida de 0 a 2 bares.
- Longitud de cable standard: 7.5m
- Tamaño de 22mm de diámetro y de 80mm de long

Contacte con nosotros para otros métodos de medida de humedad del suelo.

Rejilla Humectación de hoja 237

Descripción

La rejilla de humectación de hoja 237 es como un tipo de hoja artificial que puede utilizarse con un datalogger. El sensor está constituido por un circuito con láminas de cobre chapadas en oro. La condensación sobre el sensor disminuye la resistencia entre las láminas, y esta variación es medida por el datalogger. Se usa una excitación en ac a fin de prevenir toda degradación del sensor.

Revestimiento

Las gotas suficientemente pequeñas para no tocar dos láminas no varían la resistencia del circuito. Esta es la razón por la cual ciertos usuarios aplican una pintura de recubrimiento que extiende las gotas.

- La resistencia varía entre 3000k Ω (seca) y 1k Ω (húmeda). El punto de transición del sensor es la pintura de

Rejilla humectación flexible 237F

Basado en un diseño del Silsoe Research Institute (Bedford, UK) bajo el patrocinio de Horticultural Development Council, el sensor 237F es una versión flexible del 237 adaptada a las superficies tales como los tallos de las plantas. Se suministra sin cable ni resistencias para completar el puente de medida. Contacte con nosotros para más información sobre la configuración e instalación.

Placa de flujo de calor HFP01

El HFP01 mide flujos de calor, siendo las aplicaciones más comunes la medida de flujo de calor en el suelo (medidas del balance de energía) y en los muros (balance de energía en edificios).

El sensor del HFP01 es una termopila que mide la temperatura diferencial a través del cuerpo de plástico del HFP01. Suponiendo que el flujo de calor sea estable, que la conductividad térmica del cuerpo sea constante y que el sensor tenga poca influencia en el conjunto del flujo térmico, la tensión de salida es entonces directamente proporcional al flujo de calor local.

Precisión: $\pm 20\%$ para los totales por día sobre un rango de conductividad térmica de 0.1 a 1.7W/mK y un rango de temperatura de -30°C a $+70^{\circ}\text{C}$.

Sensibilidad E (nominal): 50 $\mu\text{V/Wm}^{-2}$
Dependencia de conductividad térmica: $\pm 15\%$ sobre un rango de 0.1 a 1.7W/mK
Dependencia de temperatura (estimación): $< 0.1\%^{\circ}\text{C}$

Estabilidad: $< 1\%$ de variación por año para una utilización meteorológica normal
Dimensiones: 80mm de diámetro, 5mm de espesor, longitud standard de cable 5m.