



Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN, VERIFICACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN CUADRO ELÉCTRICO DE ADQUISICIÓN DATOS Y CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN DE LISIMETRÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN ELECTRICIDAD



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Autor: Jesús González Gómez
Director: Francisco Javier Cánovas Rodríguez
Codirector: José Miguel Molina Martínez
Cartagena,

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo incansable, por esa confianza depositada en mí sin dudar ni un segundo, en esta etapa y en este proyecto.

A mi pareja Roció por estar siempre a mi lado apoyándome en cada momento y ayudándome siempre que he necesitado fuerza para superar algún obstáculo.

A mi familia por siempre preocuparse por mí en cada momento.

A mis amigos y compañeros de la universidad que siempre han sido un apoyo y una gran ayuda en cada momento.

A mi gran compañero José Miguel Lucas por todas esas horas juntas y tantas charlas y consejos que he recibido por su parte siempre.

A Francisco Javier Cánovas por siempre estar dispuesto cuando lo he necesitado y por ayudarme en cada momento de dificultad en este proyecto.

A todo el equipo de Telenatura, por acompañarme todas las mañanas en el laboratorio y ayudarme en los momentos más críticos.

A Leandro José Miguel y José manual por enseñarme tanto en esta etapa y ayudarme a formarme como profesional.

INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	10
1.1.	INTRODUCCIÓN	10
1.1.1	Contexto del proyecto	10
1.2	OBJETIVOS Y PARTES DEL PROYECTO	11
2	MEMORIA	14
2.1.	OBJETIVO	14
2.2.	DEFINICION DE LIS	14
2.2.1	diferentes tipos de lisímetro	14
2.2.2	lisímetro de pesada	15
2.2.3	lisímetro exterior (bajo coste)	15
2.3.	SENSORES PESADA, CÉLULAS DE CARGA, MODELO DE CÉLULAS DE CARGA	17
2.3.1	definición	17
2.3.2	galgas extensiométricas	17
2.3.2.1	efecto piezoresistivo	18
2.3.2.2	parametros de una galga extensiométrica	18
2.3.2.3	aplicaciones galgas extensiométricas	19
2.3.2.4	materiales	19
2.3.3	modelo de célula de carga	20
2.4.	MODELO DE DATALOGGER	23
2.4.1	definición de datalogger	23
2.4.2	modelor de datalogger	23
2.4.2.1	especificaciones cr1000	24
2.4.2.2	programación cr1000	26
2.5.	ARDUINO	30
2.5.1	definición	30
2.5.2	modelo de arduino	31
2.5.3	diseño de placa de réles de arduino	32
2.6.	MULTIPLEXOR	35
2.6.1	definición	35
2.6.2	modelo multiplexor	35
2.7.	VENTILACIÓN	38
2.6.	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	39
2.5.1	definición fuente de alimentación	39
2.5.1	modelo de fuente de alimentación	39
2.6.	MODEM	40
2.5.1	definición fuente de alimentación	40
2.5.1	modelo de fuente de alimentación	40
3	CALCULOS	42
3.1.	DISEÑO DE PROTECCIONES CUADRO ELECTRICO	42
3.1.2	definición interruptor magnetotermico	44
3.1.3	definición interruptor diferencial	47
3.1.3.1	tipos de interruptor diferencial	47
3.2.	CALIBRACIÓN DE CELULAS DE CARGA	50
3.3.	PROGRAMACIÓN DE DATALOGGER	61
3.4.	PROGRAMACIÓN DE ARDUINO	69
3.5.	CONEXIONADOS DE CABLES ENTRE LISÍMETRO Y CUADRO ELECTRICO	72
4	PLANOS	76
4.1.	PLANOS CUADRO ELECTRICO	76

5	PRESUPUESTO	78
5.1.	COSTE DE MATERIALES	78
5.2.	COSTE DE OPERARIOS.....	79
6	BIBLIOGRAFIA.....	82
6.1.	LISTADO DE REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	82
6.2.	LISTADO DE REFERENCIAS A DIRECCIONES URL.....	83

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: GRAFICO LISÍMETRO DE PESADA	15
FIGURA 2.2: LISÍMETRO DE PESADA.....	16
FIGURA 2.3-DIFERENTES MODELOS DE CÉLULAS DE CARGA.	17
FIGURA 2.4-LEY DE HOOKE	18
FIGURA 2.5-ESQUEMA DE UNA GALGA	19
FIGURA 2.6: CÉLULA DE CARGA	20
FIGURA 2.7: HOJA DE CARACTERÍSTICAS DE CÉLULA DE CARGA.....	21
FIGURA 2.8: CÉLULA DE CARGA POSICIONADA EN LA ESTRUCTURA DE LISÍMETRO.....	22
FIGURA 2.9: DATALOGGER	24
FIGURA 2.10: CONECTOR RS232-USB.....	25
FIGURA 2.11: INTERFAZ DEL PROGRAMA LOGGNET	25
FIGURA 2.12: MENÚ DE LOGGNET.....	25
FIGURA 2.13: SEÑALIZACIÓN DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE DATALOGGER	26
FIGURA 2.14: PROGRAMACIÓN DE UN NUEVO PROGRAMA EN LOGGNET	27
FIGURA 2.15: ELECCIÓN DE SENSORES	28
FIGURA 2.16: CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES	28
FIGURA 2.14: ARDUINO NANO	31
FIGURA 2.15: DISEÑO DE PLACA DE RELÉS 1	32
FIGURA 2.16:DISEÑO DE PLACA DE RELÉS 2.....	33
FIGURA 2.16: PLACA DE RELÉS CON ARDUINO	34
FIGURA 2.17: MULTIPLEXOR AMD16/32B.....	35
FIGURA 2.18: VENTILADOR Y REJILLA UTILIZADA	38
FIGURA 2.19: FUENTE DE ALIMENTACIÓN OMRON	39
FIGURA 2.20: MODEM.....	40
FIGURA 3.1: MULTIPLEXOR	42
FIGURA 3.2: ARDUINO NANO	43
FIGURA 3.3: INTERRUPTOR MAGNETICO	45
FIGURA 3.4: ELECCIÓN INTERRUPTOR MAGNÉTICO.....	46
FIGURA 3.5: CARACTERÍSTICAS DE LA PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS	46
FIGURA 4.1-IMAGEN REAL DEL CUADRO ELÉCTRICO.	49
FIGURA 3.6: CONEXIONADO DE DATALOGGER –MULTIPLEXOR.....	51
FIGURA 3.7: TIPO DE CONEXIÓN DE CÉLULA DE CARGA	52
FIGURA 3.8: CONEXIÓN ENTRE CÉLULAS DE CARGA Y MULTIPLEXOR.....	52
FIGURA 3.9: CONEXIÓN ENTRE CÉLULAS DE CARGA Y MULTIPLEXOR.....	53
FIGURA 3.10: CONEXIONADO ENTRE CÉLULA DE CARGA Y MULTIPLEXOR.....	54
FIGURA 3.11: CALIBRACIÓN DE LA CÉLULA DE CARGA.....	55
FIGURA 3.12: GRAFICA DE RECTA DE CALIBRACIÓN.....	56
FIGURA 3.13: GRAFICA DE RECTA DE CALIBRACIÓN.....	58
FIGURA 3.14: GRAFICA DE RECTA DE CALIBRACIÓN.....	59
FIGURA 3.15: GRAFICA DE RECTA DE CALIBRACIÓN.....	60
FIGURA 4.1-IMAGEN REAL DEL CUADRO ELECTRICO.	76

INDICE DE TABLAS

<i>TABLA 3.1 - CALIBRACION CÉLULA DE CARGA 1</i>	56
<i>TABLA 3.2 - CALIBRACION CÉLULA DE CARGA 2</i>	57
<i>TABLA 3.3 - CALIBRACION CÉLULA DE CARGA 3</i>	58
<i>TABLA 3.4 - CALIBRACION CÉLULA DE CARGA 10 KG</i>	59
<i>TABLA 3.5 - CONEXIONADO DE LISÍMETRO 1</i>	71
<i>TABLA 3.6 - CONEXIÓN CONEXTOR-CUADRO</i>	72
<i>TABLA 3.7- CONEXIÓN CONEXTOR-LISIMETRO</i>	72
<i>TABLA 5.1 - COSTE MATERIAL</i>	76
<i>TABLA 5.2 - COSTE DE OPERARIOS</i>	77

Capítulo 1

INTRODUCCION Y OBJETIVO

En este capítulo vamos a introducir básicamente el objetivo de este proyecto el cual vamos a realizar.

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCION

1.1.1. Contexto del proyecto

Este proyecto está dividido en diferentes apartados de los cuales vamos a mencionar.

En primer lugar se trata del diseño de un lisímetro de bajo coste y que no necesita obra civil para su construcción si no de una estructura metálica formada por 4 células de carga dos electroválvulas y una base con forma cilíndrica donde podemos poner la maceta con su respectiva planta

En segundo lugar y en el cual se va a basar este trabajo fin de grado tenemos el diseño del cuadro eléctrico con todos los componentes necesarios para la recogida de información que nos va dando los diferentes sensores que forman parte del lisímetro.

Y por último y tercer lugar una vez se hayan recogido los datos y procesados, el estudio necesario de la evotranspiracion que va a surgir en ese tipo de plantación.

En este trabajo fin de grado nos vamos a basar en el segundo punto, donde se va a realizar el estudio del cuadro eléctrico, este cuadro debe tener la capacidad para poder conectar 8 lisímetros al mismo tiempo, debemos saber qué tipo y cuáles son los componentes que lo forman, por ejemplo tipo de protecciones que debe llevar para evitar cualquier tipo de problema eléctrico, también la programación de los autómatas que lleva y la funcionalidad que debemos darle.

El cuadro está formado por los siguientes componentes:

- Diferencial supe inmunizado.
- Cortocircuito.
- 2 magneto térmicos.
- Datalogger.
- 2 multiplexores (amd 16/32) .
- Módulo de salida relé arduino.
- play and plug wireless cpu (conector inalámbrico)

Una vez que sabemos todo los tipos de componentes de lo que está formado el cuadro debemos de pasar a la calibración de las 3 células de carga puestas en la base del lisímetro y una puesta en el depósito de pérdidas de agua, una vez calibradas pasamos a la programación del datalogger y del módulo de relé de arduino.

La programación debemos hacer en el datalogger consta de saber en cada momento cual es la variación de peso que se produce en la estructura por el efecto de la evotranspiracion que hace efecto en la planta y también saber el peso que tiene el depósito de drenaje a su vez el datalogger debe estar conectado con el conector inalámbrico para tener a tiempo real una visión de la variación de peso del lisímetro.

Por otro lado en el módulo de rele de arduino vamos a programar cuando deben abrir y cerrar las electroválvulas que están situadas justo antes de la entrada al depósito de drenaje y justo después, debemos saber que la primera electroválvula se encuentra normalmente abierta y la segunda normalmente cerrada, la programación va a consistir en el vaciado del depósito de drenaje, cuando el depósito de drenaje supere los 4 kg automáticamente deben de actuar el módulo de salida de relé programado para que la primera electroválvula se cierre y se abra la segunda para que se vacíe el depósito de agua de drenaje, a continuación todo volverá a su estado de inicio.

1.2. OBJETIVOS Y PARTES DEL PROYECTO

El proyecto se titula " Diseño, implementación, verificación y puesta en marcha de un cuadro eléctrico de adquisición datos y control para el funcionamiento de una estación de lisimetría". Como bien indica, el objetivo del mismo es realizar un dispositivo electrónico fiable y preciso para medir las variaciones de peso experimentadas por unas plantas en maceta, así como establecer una red de comunicación en tiempo real con el fin de obtener unos datos útiles acerca de numerosos parámetros ellos encaminados a conseguir una mejor gestión del riego y aumentar la eficiencia de los recursos empleados para mantener las plantas.

Así pues, podemos señalar unos objetivos generales y definir las fases de las que se compone el proyecto:

- -diseño del cuadro eléctrico y cálculo de las protecciones necesarias para los diferentes dispositivos electrónicos.
- Calibrar un sistema de medida con células de carga.
- Trabajar con Datalogger y arduino con el fin de conocer el funcionamiento de los mismos para implementarlo posteriormente en nuestro diseño y tomar datos previos en la plantación.
- Diseñar un sistema electrónico robusto capaz de recibir las señales analógicas del peso, procesarlas y realizar cálculos con las mismas.
- Crear una programación para el control de las medidas que permita una obtención de datos rápida y precisa.

- Realizar una red industrial de comunicaciones con el fin de conectar todas las plantas y así poder tener acceso individual o en grupo a los datos de las mismas, lo que repercutirá en un mayor estudio y en aumentar las opciones de cálculo.

Capítulo 2

DEFINICION, CARACTERISTICAS Y UTILIDAD

En este capítulo daremos definición de los elementos principales que forman el cuadro eléctrico, sus características y su funcionalidad

2. MEMORIA.

2.1. OBJETIVO.

El objetivo en este apartado está comprendido en la definición de los elementos principales que vamos a utilizar en nuestro cuadro eléctrico, su funcionamiento y porque hemos elegido este tipo de elemento

2.2. DEFINICION DE LISÍMETRO.

El término "lisímetro" deriva de las palabras griegas "lysis" (disolver) y "metron" (medir). Un lisímetro es un dispositivo introducido en el suelo, relleno con el mismo terreno del lugar y con vegetación. Es utilizado para medir la evapotranspiración de referencia (ET_o) o del cultivo (ET_c). También se denomina evapotranspirómetro dependiendo de qué manera se ha hecho el procedimiento de medida.

La medida de la evapotranspiración es determinada por el balance hídrico de los dispositivos. Normalmente hay una balanza en el fondo del lisímetro donde se puede determinar la cantidad de agua que se va evapotranspirando en el sistema. Otro tipo de lisímetro utiliza en lugar de una balanza un sistema de drenaje del agua donde la cantidad drenada de la misma equivale exactamente a la cantidad de agua evapotranspirada que es igual a la capacidad de campo.

La lisimetría en su forma más sencilla, incluye la medida volumétrica de todas las aguas que entran y salen de un recipiente que contiene una masa aislada de suelo, cuya superficie puede estar desnuda o con diferentes tipos de cubierta vegetal.

2.2.1. Diferentes tipos de lisímetros

Hidrolisímetro; para cuantificar el drenaje del agua del suelo.

Agrolisímetro; para realizar estudios de optimización del rendimiento de los cultivos y protección de aguas subterráneas. Contiene tensiómetros y cápsulas de succión para tomar muestras de agua de suelo.

Meteolisímetro; para generar balances de agua y calcular el potencial de evapotranspiración. Contiene una estación meteorológica para registrar la pluviometría.

Nosotros vamos a utilizar un lisímetro de tipo agrolisímetro, dentro de este tipo se puede dividir en dos tipos diferentes:

2.2.2. Lisímetro de pesada

Un lisímetro de pesada está compuesto básicamente por un gran recipiente relleno de suelo sobre una báscula. Todo ello está instalado en una arqueta subterránea que lo contiene y permite el acceso al interior para su calibración y mantenimiento. Está relleno del mismo suelo que se retiró al hacer la excavación, manteniéndose la secuencia de horizontes edáficos así como la profundidad de los mismos.

La parte superior del lisímetro está situada a ras de tierra, de manera que se intenta reproducir un cultivo normal. Los alrededores del lisímetro están sembrados con el mismo cultivo instalado en éste. El recipiente está situado sobre un sistema de balanzas y un contrapeso, que contrarresta la carga muerta del suelo y el recipiente.

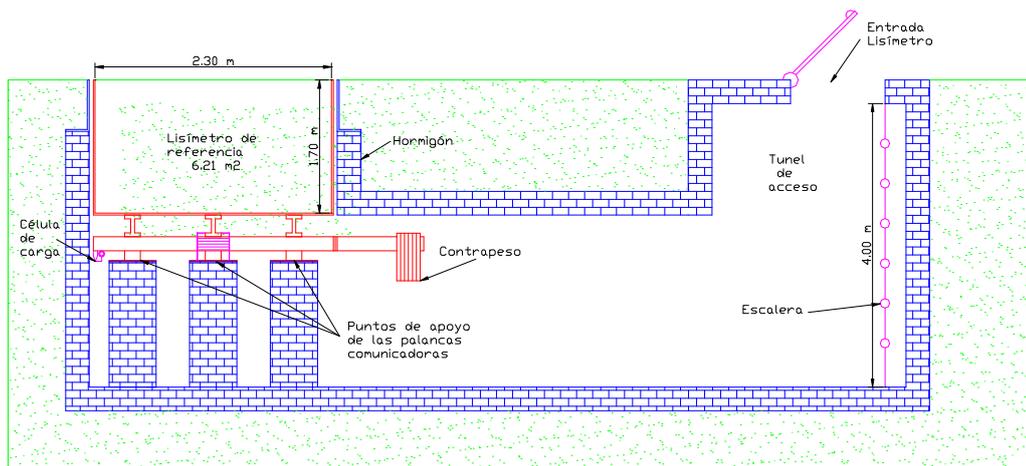


Figura 2.1: Grafico lisímetro de pesada

2.2.3. Lisímetro de exterior (bajo coste)

Tomando como referencia el funcionamiento de los lisímetros subterráneos, se decide diseñar un lisímetro exterior adaptado para una maceta. Para lograr alcanzar los objetivos anteriormente fijados se diseña un soporte específico para soportar la planta erguida y a la vez determinar su peso. Dicho soporte albergará las células de carga para medir las diferencias de peso experimentadas por la planta.

Este diseño está realizado y patentado por el Dr. Leandro Ruiz mediante un software informático de diseño, llamado "Solid Works" con la cual nos permite realizar una perfecta visualización de la estructura en 3D y calcular los esfuerzos necesarios.



Figura 2.2: lisímetro de pesada

CONCLUSIÓN

Una vez que sabemos las definiciones de los dos tipos de lisímetros que tenemos, escogemos el lisímetro exterior, ya que su coste es mucho más reducido porque no hace falta ningún tipo de obra civil, aparte la facilidad de transportarlo a cualquier lugar y en cualquier momento, también podemos cambiar el tipo de plantación únicamente cambiando su maceta y en especial este tipo de lisímetro podemos quitar o poner, cambiar de ángulo la espaldera con la cual podemos realizar diferentes estudios en diferentes tipos de plantas.

2.3. SENSORES DE PESADA.CELULAS DE CARGA, MODELO DE CELULA DE CARGA.

2.3.1. Definición

Una célula de carga es un transductor que se utiliza para convertir una fuerza en una señal eléctrica. Esta conversión es indirecta y se realiza en dos etapas. Mediante un dispositivo mecánico, la fuerza que se desea medir deforma una galga extensiométrica y a su vez, la galga extensiométrica convierte la deformación en una señal eléctrica.

2.3.2. Galgas extensiométricas

Una galga consiste en una resistencia construida de forma que sea sensible a la deformación en una determinada dirección. Con el fin de conseguir esto, se disponen de varios tramos longitudinales para que la galga presente una resistencia apreciable en el sentido de medida de la deformación; mientras que la sección de los tramos transversales es mucho mayor a fin de que la sensibilidad a la deformación en esta dirección sea mucho menor.



Figura2.3-Diferentes modelos de células de carga..

2.3.2.1. Efecto Piezoresistivo

Las galgas extensiométricas se basan en la variación de la resistencia de un conductor o un semiconductor cuando es sometido a un esfuerzo mecánico. Este efecto fue descubierto por Lord Kelvin en 1856. Si se somete un hilo metálico a un esfuerzo en dirección longitudinal, cada una de las tres magnitudes que intervienen en el valor de R experimenta un cambio y, por lo tanto, R también cambia. El cambio de longitud que resulta de aplicar una fuerza F a una pieza unidimensional, siempre y cuando no se entre en la zona de fluencia, viene dado por la ley de Hooke.

Ley de Hooke

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Deformación Unitaria: $\varepsilon = \frac{dL}{L}$

σ = esfuerzo o tensión en N/mm².
E = módulo de Young.

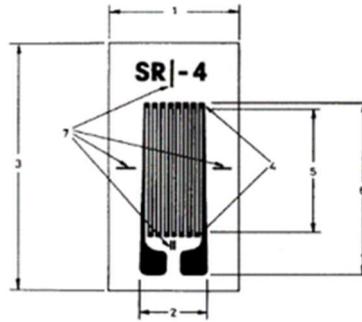
La curva (σ, ε) presenta 3 zonas típicas o características.



Figura 2.4-Ley de Hooke

2.3.2.2. Parámetros de una galga extensiométrica

Idealmente, las galgas deberían ser puntuales para poder medir los esfuerzos en un punto concreto. En la práctica sus dimensiones son apreciables, y se supone que el "punto" de medida es el centro geométrico de la galga. La sensibilidad de la galga, dR aumenta con k , factor de galga, y la resistencia y disminuye su sensibilidad con el aumento de sección. Para obtener mayores variaciones de resistencia habrá que aumentar la resistencia pero sin variar la sección, para ello se aumenta la sección dándole forma de zigzag. Si se quiere medir el esfuerzo en el eje x habrá que hacer la galga menos sensible a los esfuerzos en el eje y, esto se consigue aumentando la sección en el sentido del eje y.



1. Anchura del soporte; 2. Anchura de la galga;
3. Longitud del soporte; 4. extremos ensanchados;
5. Longitud activa; 6. Longitud total de la galga;
7. Marcas de alineación.

Figura 2.5-Esquema de una galga

2.3.2.3. Aplicaciones de las galgas extensiométrica

Las aplicaciones de las galgas pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Las que suponen la medida directa de un estado de deformación en una superficie que permitirá conocer su estado tensional.
- Aquellas en las que el estado de deformación es una variable intermedia consecuencia de la deformación de la galga.

Por su pequeño tamaño, gran linealidad y baja impedancia, las galgas extensiométricas son uno de los sensores con mayor aplicación en situaciones que requieren la medida de esfuerzos y deformaciones, en estructuras tales como aviones, vagones de tren, puentes, grúas, hormigón armado, automóviles, edificios, etc...

Para la medida de grandes deformaciones en estructuras biológicas, se emplean galgas elásticas que consisten en un tubo elástico lleno de mercurio u otro líquido conductor.

2.3.2.4. Materiales

Las galgas que más se usan hoy en día son las galgas metálicas pero, además, se tienen otras no metálicas como las de semiconductor; en este caso, el efecto del cambio de la resistencia con el estado tensional aplicado se debe al efecto piezoresistivo.

Los motivos de que las galgas metálicas sean las más utilizadas se deben a:

- La deposición del metal sobre soportes flexibles es muy sencilla, lo que proporciona láminas flexibles de fácil manejo y bajo coste.

- Son menos sensibles a la temperatura que las semiconductoras.
- El coste de las semiconductoras es de 10 a 20 veces mayor.

2.3.3. Modelo de célula de carga

En el mercado existe gran variedad de modelos y marcas disponibles para realizar mediciones de peso. Sin embargo, ajustándonos a nuestras necesidades concretas de pesada y buscando la mayor eficiencia entre calidad y coste, hemos seleccionado el modelo 108TA de la casa Vetek. Vamos a detallar las características y necesidades de la célula.

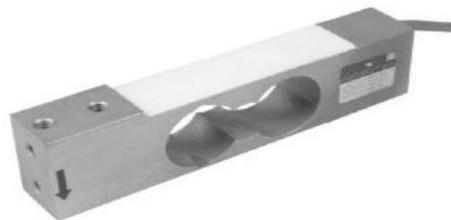


Figura 2.6: célula de carga

PARÁMETROS

Generales de la célula

- **Capacidad máxima de pesada (kg) = 30 Kg**
- **Peso mínimo capaz de ser detectado (kg) = 0.003**
- **Sensibilidad de salida (mV/V) = $2 \pm 10\%$**
- **Balance de cero (mV/V) = ± 0.06**
- **Tensión de alimentación recomendada (V) = 5-12**

LOAD CELL CALIBRATION CERTIFICATE

Model: 108TA Max.Cap. (Emax): 30kg
 QA: 004 S/N : 1211015827

NTEP 1:5000 Class III Multiple Cell		Certificate Number: 07-024	
Vmin	kg	0.003	
Output sensitivity	mV/V	1.96	
Combined Error	%FS	<0.03	
Zero balance	μ V	50	
Input resistance	Ω	404	
Output resistance	Ω	351	
Insulation resistance	M Ω	\geq 5000[50VDC]	
Safe overload	%FS	150	
Compensated Temp.Range	$^{\circ}$ C	-10~+40	
Recommended supply voltage	V	5~12(DC/AC)	
4-Core shielded cable <u>2</u> m	Input	+: Red	-: Black
	Output	+: Green	-: White
	Shield	Bare	

Date: 2012-5-22



Figura 2.7: hoja de características de célula de carga

Los parámetros visto en la hoja de especificaciones anteriormente son los parámetros generales y de fábrica para cada una de las células de las cuales vamos a utilizar.

Como podemos saber cada hoja de especificaciones nos indica que función tiene cada tipo de cable.

- Cable Rojo: Alimentación Positiva.
- Cable Negro: Alimentación Negativa.
- Cable Verde: Salida Positiva.
- Cable Blanco: Salida Negativa.

CONCLUSIÓN

Después de saber que es, como están formadas, que tipos hay nos decidimos a elegir un modelo y un tipo de célula de carga, en nuestro caso por las características necesarias y los tipos de macetas con los cuales vamos a experimentar observamos que debíamos utilizar 3 células de 30kg cada una, sumando un máximo de unos 90kg, el modelo que vamos a utilizar en nuestra estructura de lisímetro es 108TA de la casa Vetek, ya que por su precio y características que hemos visto anteriormente es la más conveniente para nuestra estructura, como podemos observar en la imagen siguiente.



Figura 2.8: célula de carga posicionada en la estructura de lisímetro

2.4. DATALOGGER

2.4.1. Definición de datalogger

Un registrador de datos (datalogger) es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en externamente relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados. Casi todos están basados en microcontroladores. Por lo general son pequeños, con pilas, portátiles, y equipados con un microprocesador, memoria interna para almacenamiento de datos y sensores. Algunos registradores de datos se comunican con un ordenador personal y utilizan software específico para activar el registrador de datos, ver y analizar los datos recogidos, mientras que otros tienen un dispositivo de interfaz local (teclado, pantalla LCD) y puede ser utilizado como un dispositivo independiente.

Los registradores de datos varían entre los de propósito general para una amplia gama de aplicaciones a los dispositivos de medición muy específicos para medir en un medio ambiente o aplicación particular. Es común que los tipos de propósito general sean programables sin embargo muchos siguen como máquinas estáticas con un número limitado de parámetros variables. Registradores de datos electrónicos han reemplazado a los registradores de carta en muchas aplicaciones.

Uno de los principales beneficios del uso de registradores de datos es la capacidad para recopilar automáticamente datos las 24 horas del día. Tras la activación, los registradores de datos normalmente se dejan sin vigilancia para medir y registrar la información durante toda la duración del período de seguimiento. Esto permite una visión global y precisa de las condiciones ambientales objeto de seguimiento, tales como la temperatura del aire y la humedad relativa.

2.4.2. Modelo de datalogger

Para la adquisición de datos vamos a utilizar un datalogger de Campbell, el cual es capaz de almacenar y procesar los datos procedentes de las células de carga, a su vez utilizaremos un sensor de temperatura interno para la activación de la ventilación del cuadro y la activación de las electroválvulas.

El datalogger a utilizar es el modelo CR1000 de Campbell que por sus características y especificaciones es datalogger más idóneo y económico para la realización de adquisición de datos.

2.4.2.1. Especificaciones de cr1000

- Posee 2Mb de memoria standard, 4Mb opcionales y posibilidad de ampliación un módulo adicional de memoria Compact Flash.
- CPU interna de 32-bit.
- Ocho canales diferenciales de entrada analógicos, dos canales contadores de pulsos y ocho puertos digitales I/O de control, complementado con puerto CS I/O y RS232 y opcionalmente Ethernet, RS485.
- Capacidad de ampliación con multiplexores, interfaces SDI-12 ó periféricos SMD.
- El datalogger se puede alimentar por cualquier fuente de 12Vdc. El rango permitido es de 9.6 a 16 voltios.

Hay que mencionar el hecho de que este datalogger necesita para comunicarse con el ordenador un RS-232, por lo que es necesaria la utilización de un adaptador RS-232 a USB.

En nuestro caso, hacemos uso de los canales analógicos. Los terminales analógicos se pueden configurar tanto en single-ended (medida respecto a tierra) como en diferencial (medida respecto a otro canal de entrada).

Como ya hemos visto anteriormente, el funcionamiento de nuestras células de carga sigue una configuración en puente de Wheatstone para registrar la variación de la resistencia de la galga. El CR1000 permite la configuración y programación de dicho puente.

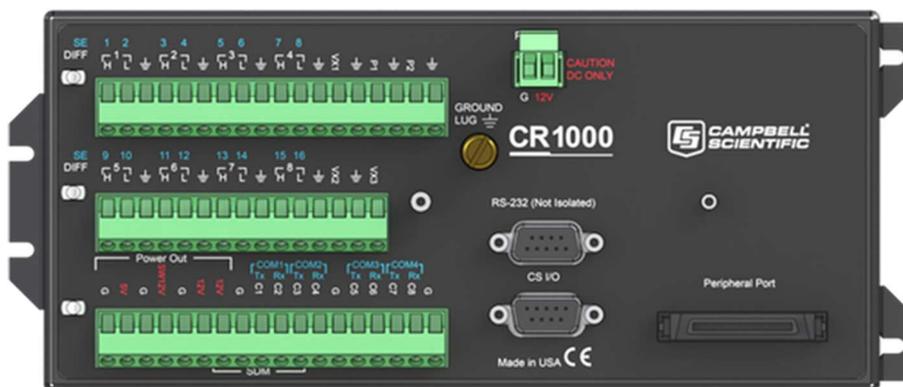


Figura 2.9: datalogger



Figura 2.10: conector rs232-usb

Para la programación del datalogger CR1000 vamos a utilizar el software correspondiente, que es loggernet, donde podemos configurar, programar, conectar y recoger datos de nuestro datalogger.



Figura 2.11: interfaz del programa loggernet



Figura 2.12: menú de loggernet

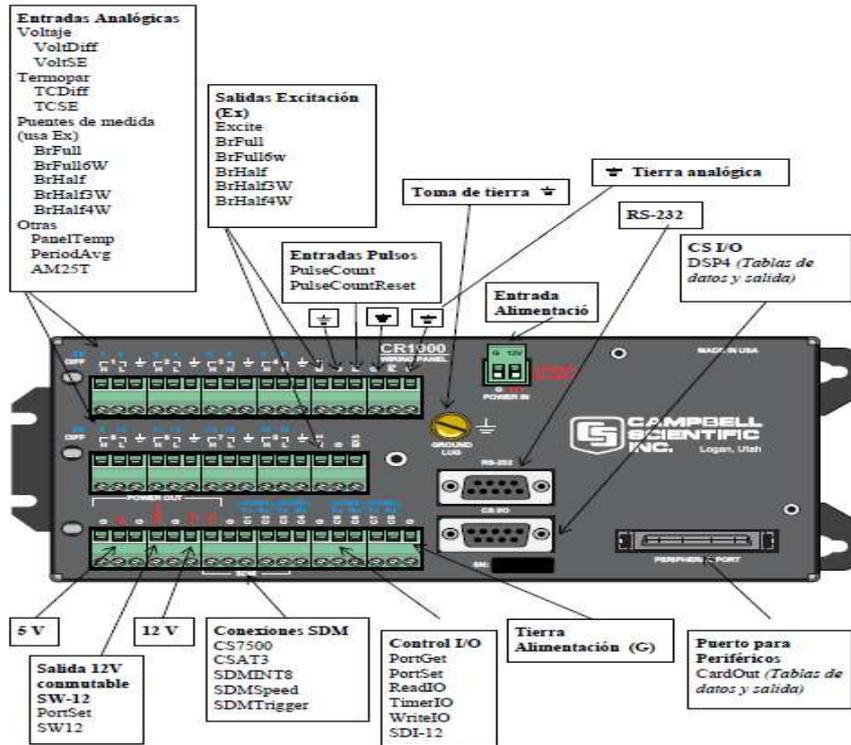


Figura 2.13: señalización de cada uno de los elementos de datalogger

2.4.2.2. Programación del cr1000

Para la programación del CR1000 podemos usar dos formas, mediante generador de programas Short Cut y CRBasic.

La programación con Short Cut es el tipo de programación para la cual el programa nos genera la programación dependiendo del tipo de sensores conectados, con este tipo de programación loggernet nos genera los diagramas de conexionado de los sensores que nosotros hayamos descrito.

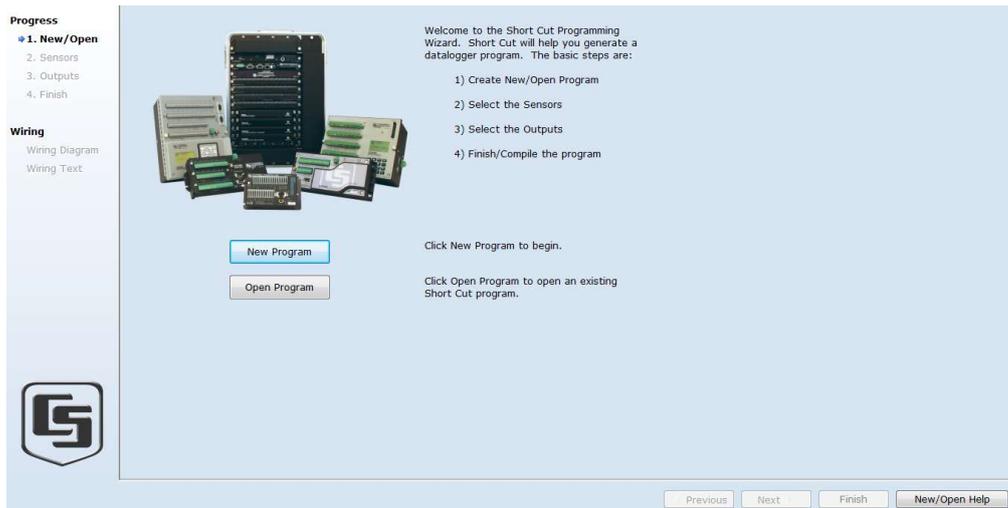


Figura 2.14: programación de un nuevo programa en loggernet

Para la programación con Short Cut debemos seguir los pasos indicados por el programas, en nuestro caso para la calibración de las células antes de montarlas en la estructura usamos este tipo de programación, para ver los diagramas de conexionado de las células de carga y nos realice un programa básico, una vez estén bien calibradas las células vamos a proceder a la modificación del programa que nos realiza loggernet para adaptarlo a nuestras necesidades.

En esta primera pantalla podemos ver que como el programa nos da la opción de elegir el tipo de sensor o de dispositivos pre-programados, por lo que debemos indicarle que vamos a utilizar un tipo de multiplexor tipo AMD16/32 que es el que nosotros utilizamos y también añadiremos las células de carga correspondientes.

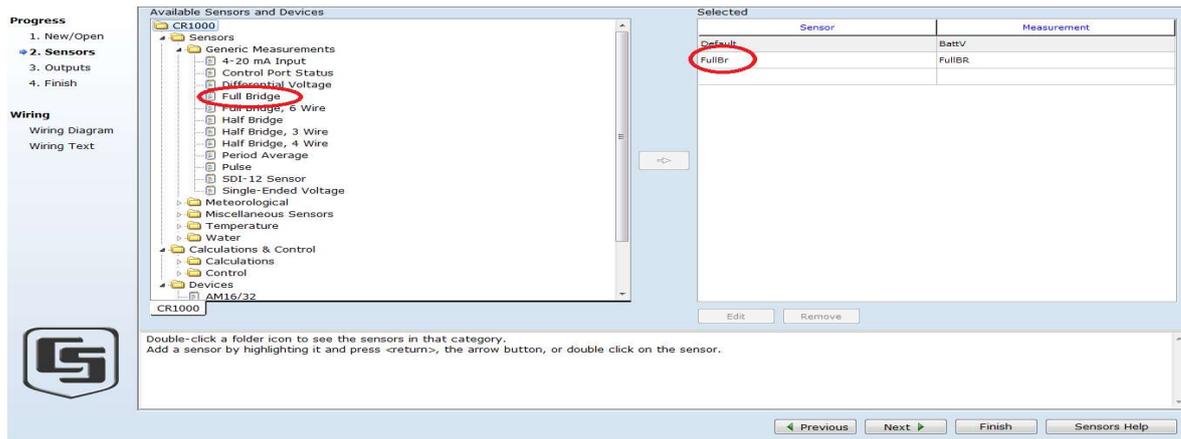


Figura 2.15: elección de sensores

Una vez que hemos elegido el tipo de multiplexor que vamos a utilizar pasamos al siguiente paso que es elegir el tipo de células que hemos instalado en nuestro lisímetro, nuestro tipo de sensor es (puente de Wheatstone completo), procedemos a elegir los parámetros más adecuados según las características del fabricante de nuestros sensores, en primer lugar la alimentación de salida es de 2,5 voltios máximo y el rango de tensión de salida va a ser 5 mV pero como podemos observar ese rango no lo obtenemos por lo tanto debemos irnos a un rango superior en este caso 7,5 mV, si queremos tener mejor sensibilidad podríamos optar por el rango de 2,5 mV, pero corremos con el riesgo de que en medidas elevadas podemos perder medidas, por lo tanto lo que nos interesa es un rango de voltaje de salida de 7,5 mV.

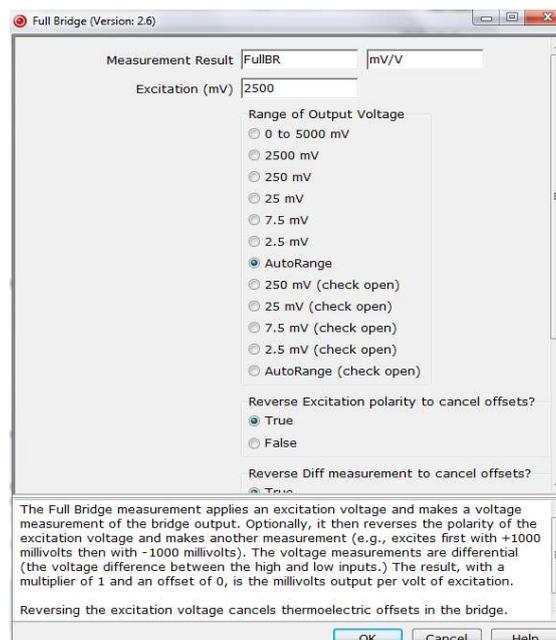


Figura 2.16: características de los sensores

CONCLUSIÓN

Después de hacer varias pruebas con los diferentes tipos de datalogger como pueden ser el cr6 o cr3000, nuestra elección viene dada por escoger el cr1000, porque tienes mejores prestación o sus prestaciones se ajusta más a lo que necesitamos como por ejemplo el cr6 no nos permites hacer tantas conexiones como podemos hacer con el cr1000 y en diferencia con el cr3000 es cuestión de tamaño y de presupuesto.

2.5. ARDUINO

2.5.1. Definición

PLATAFORMA ARDUINO

Arduino es una plataforma basada en una simple placa de circuito impreso y un entorno de desarrollo propio (IDE), a partir de la cual se pueden crear diversos dispositivos y desarrollar diferentes aplicaciones.

El sistema ha sido creado por los diseñadores Massimo Banzi y David Cuartielles en Talponia, Ivrea, Italia.

La placa electrónica es open-hardware (es posible la fabricación de una placa de circuito impreso y montar un Arduino a partir de los esquemas publicados en la Web, sin tener que adquirir ningún tipo de licencia). Este dato es importante destacarlo, ya que como veremos en nuestra placa de comunicaciones final, el microcontrolador ATmega irá integrado en la misma placa de circuito impreso, sin tener que recurrir a la placa Arduino.

Arduino utiliza un microcontrolador ATmega de Atmel. Las aplicaciones que ofrece Arduino son múltiples: es posible desarrollar objetos interactivos autónomos, capaces de reaccionar y accionar con su entorno, a través de sus entradas y salidas, donde se pueden adquirir y procesar señales provenientes de sensores y activar y desactivar LEDs, motores, etc. No obstante, no es la única opción, pues permite la conexión con el PC a través de un puerto de comunicación (protocolo de comunicación según el modelo de Arduino) utilizando lenguajes como Flash, Pure, Data, Processing, MaxMP, entre otros.

Proyecto Arduino se basa en tres principios:

- - Arduino es un circuito electrónico compatible con cualquier ordenador que incluya un puerto de comunicación USB o, alternativamente, un puerto serie.
- Arduino es un sistema de programación compatible con cualquiera de los tres sistemas operativos principales existentes: Windows, Macintosh y Linux.
- -Una serie de ejemplos, tutoriales, recomendaciones y publicaciones con licencias abiertas y disponibles como descargas por internet.

Dada su versatilidad y su compatibilidad con diferentes sistemas las posibilidades de realizar objetos electrónicos basados en Arduino tienen como límite la imaginación de los usuarios. Asimismo, gracias a su sencillez y su bajo coste, se recomienda su uso como elemento de aprendizaje e iniciación en el mundo de la electrónica digital. Además, es exhaustiva la documentación que hay de ésta: tanto por la existencia de una referencia del lenguaje de programación propio que debe usarse, como por la posibilidad de leer diversos tutoriales sobre

diferentes aplicaciones, como también por la disponibilidad de foros de ayuda en distintos idiomas.

2.5.2. Modelo de arduino

El modelo elegido es arduino NANO.

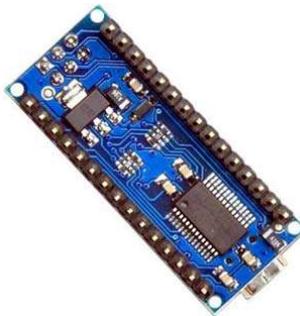


Figura 2.14: arduino nano

CARACTERÍSTICAS:

- Microcontrolador: Atmel ATmega168 o ATmega328
- Tensión de Operación (nivel lógico):5V
- Tensión de Entrada (recomendado): 7-12V
- Tensión de Entrada (límites): 6-20V
- Pines E/S Digitales: 14 (6 pueden usarse como salidas PWM)
- Entradas Analógicas: 8
- Corriente máx. por cada PIN de E/S: 40 mA
- Memoria Flash: 16 KB (ATmega168) o 32 KB (ATmega328) de los cuales 2kB son usados por el bootloader.
- SRAM:1KB(ATmega168) o 2KB(ATmega328)
- EEPROM:512bytes(ATmega168) o 1KB(ATmega328)
- Frecuencia de reloj: 16 MHz
- Dimensiones:18,5mm x 43.2mm

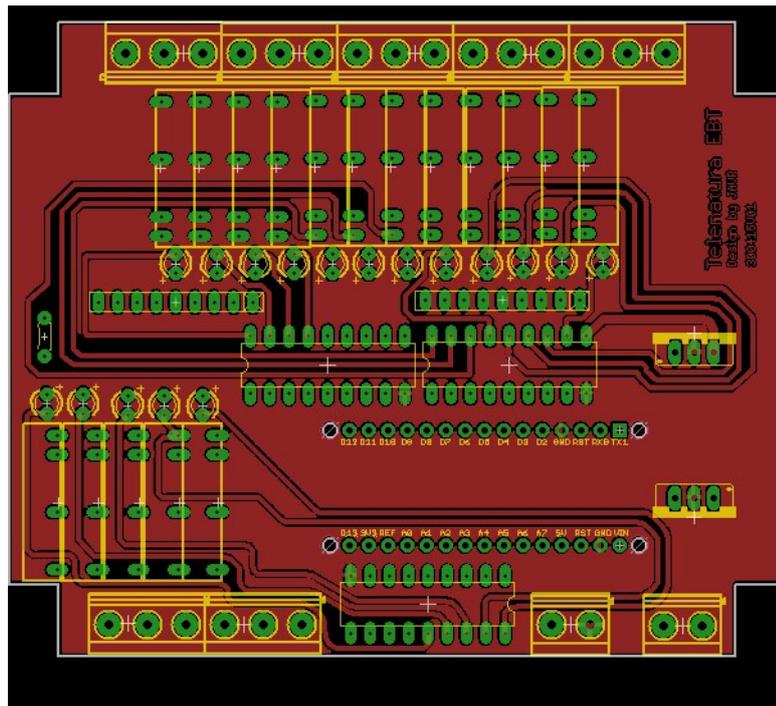


Figura 2.16:diseño de placa de relés 2

En las imágenes anteriores podemos ver como se ha diseñado la placa donde estará conectado nuestro arduino nano y los diferentes relés, también podemos apreciar donde van conectados los diferentes leds, cada uno de las conexiones y los transistores necesarios

CONCLUSIÓN

Como se comentó en apartados anteriores una vez que se hizo el diseño surgió el problema de la activación de las electroválvulas, la solución que se optó fue por diseñar una placa con los relés necesarios para activar las electroválvulas de la estructura de lisímetro mediante un arduino, por diseño y espacio debimos colocar el arduino nano, como hemos comprobado anteriormente sus especificaciones son lo suficiente potente para nuestro uso.

A continuación, podemos observar donde está instalado el arduino nano, al conjunto se le ha llamado módulo de salidas relé arduino.

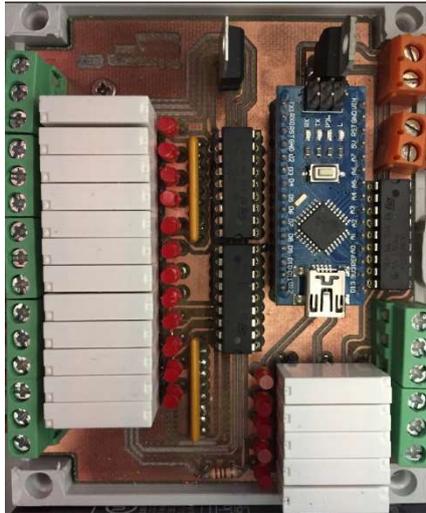


Figura 2.16: placa de relés con arduino

2.6. MULTIPLEXOR

2.6.1. Definición

Los multiplexores son circuitos combinatoriales con varias entradas y una única salida de datos, están dotados de entradas de control capaces de seleccionar una, y sólo una, de las entradas de datos para permitir su transmisión desde la entrada seleccionada hacia dicha salida.

En el campo de la electrónica el multiplexor se utiliza como dispositivo que puede recibir varias entradas y transmitir las por un medio de transmisión compartido. Para ello lo que hace es dividir el medio de transmisión en múltiples canales, para que varios nodos puedan comunicarse al mismo tiempo.

Una señal que está multiplexada debe demultiplexarse en el otro extremo.

Según la forma en que se realice esta división del medio de transmisión, existen varias clases de multiplexación:

- Multiplexación por división de frecuencia
- Multiplexación por división de tiempo
- Multiplexación por división de código
- Multiplexación por división de longitud de onda

2.6.2. Modelo de multiplexor

Modelo del multiplexor es AMD16/32B

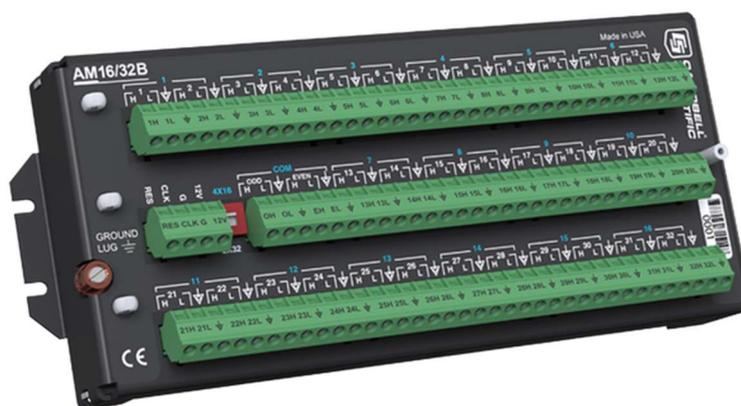


Figura 2.17: multiplexor AMD16/32B

Dependiendo del tipo de sensor, el AM16/32B puede multiplexar 16, 32 o 48 sensores. Se pueden conectar hasta seis AM16/32Bs al mismo datalogger, dependiendo del número de puertos de control y entradas analógicas libres disponibles.

El AM16/32B multiplexa 16 grupos de cuatro líneas (total 64 líneas) a cuatro terminales comunes (COM), o multiplexa 32 grupos de dos líneas (total 64 líneas) a dos terminales COM. Según los requerimientos del sensor, se conectan cables desde las líneas comunes del multiplexor a las entradas analógicas del datalogger, o canales de excitación o líneas de tierra. El datalogger controla el multiplexor mediante dos puertos de control o mediante un puerto de control y uno de excitación.

ESPECIFICACIONES

- Alimentación: 9.6 a 16Vdc
- Consumo (típico)
Reposo: < 210 μ A
Activo: 6mA
- Niveles reset
Inactivo: < 0.9V
Activo: 3.3 to 8 V
- Avance scan: ocurre en la transición del pulso de señal de clock (por debajo 1.5V a por encima 3.3V)
- Anchura pulso mínima clock: 1ms
- Tiempo actuación máximo relé: 20ms
- Funcionamiento relé: "break before make"
- Resistencia relé inicial, cerrado: 0.1 Ω
- Corriente conmutación máxima: 500mA. La conmutación de corriente mayor de 30mA (ocasionalmente aceptable 50mA) degrada la funcionalidad de ese canal en la conmutación de señales de bajo voltaje.
- Vida mínima del contacto: 107 cierres
- Conformidad directiva CE: EN 61326: 1998 EN 55022: 1998 Class B
- ESD
Air Discharge: Complies with IEC61000-4-2, test level 4 (\pm 15 kV)
Contact Discharge: Complies with IEC61000-4-2, test level 4 (\pm 8 kV)
- Surge: Complies with IEC61000-4-5, test level 3
(\pm 2 kV, 2 ohms coupling impedance)
- Conformidad CE
- Peso: 680g

- Dimensiones: 23.8 x 10.1 x 6.6cm
- Rango temperatura funcionamiento:
Estándar: -25° a +50°C
Extendido: -55° a +85°C

CONCLUSIÓN

Hemos elegido este tipo de multiplexor porque es de la misma casa que nuestro datalogger y por lo tanto a nivel de funcionamiento y calibrarlo íbamos a tener menos problemas, por lo tanto, la elección tomada ha sido multiplexor amd16/32B de la casa Campbell.

2.7. VENTILACIÓN

Sabiendo las condiciones tan extremas que nos afrontamos y las grande temperaturas que se pueden llegar alcanzar debemos calcular una recirculación dentro de nuestro cuadro para que los dispositivos electrónicos no sufran y todo pueda funcionar correctamente, en el siguiente capítulo tenemos un calculo de la ventilación necesaria en nuestro cuadro eléctrico.



Figura 2.18: ventilador y rejilla utilizada

2.8. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

2.8.1. Definición de fuente de alimentación

La fuente de alimentación o fuente de poder es el dispositivo que convierte la corriente alterna (CA), en una o varias corrientes continuas (CC), que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (computadora, televisor, impresora, router, etc.).

2.8.2. Modelo de fuente de alimentación

En nuestro caso la elección de la fuente de alimentación escogida va a ser una fuente de alimentación de compatible para carril din. Sabiendo las especificaciones que obtenemos en nuestros dispositivos electrónicos es la siguiente.

La denominación de la fuente de alimentación es omron S8VK-G030□□ y sus características son las siguientes:

- Potencia: 30W
- Entrada: AC 100-240V 50/60Hz 0.7 A
DC90-350V 0.45 A
- Salida: 12 V 2.5 A

S8VK-G030□□ (30 W)

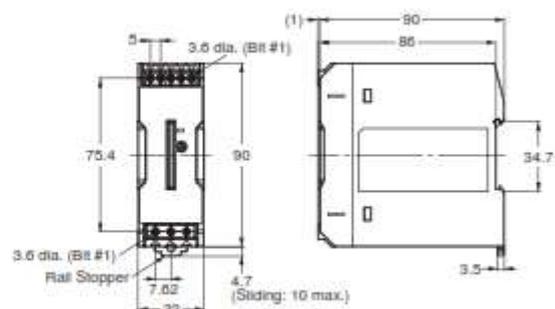


Figura 2.19: Fuente de alimentación omron

2.9. MODEM

2.9.1. Definición de modem

El modem GSM lo incorporamos para la captación de datos, se utiliza de manera inalámbrica, su manera de conexión es a través de internet.

A través de el podemos facilitar la captación de datos que será directamente exportada a una nube donde el cliente no tendrá por qué estar desplazándose al lugar del trabajo de nuestro cuadro eléctrico si no que desde cualquier lugar con conexión a internet no tendría ningún tipo de problema para verificar los datos de nuestro lisímetro.

2.9.2. Modelo de modem

La elección de nuestro modem viene vinculada a la compatibilidad con nuestro datalogger y el diseño de nuestro cuadro eléctrico.

El modelo es modem WAVECOM M1306B:

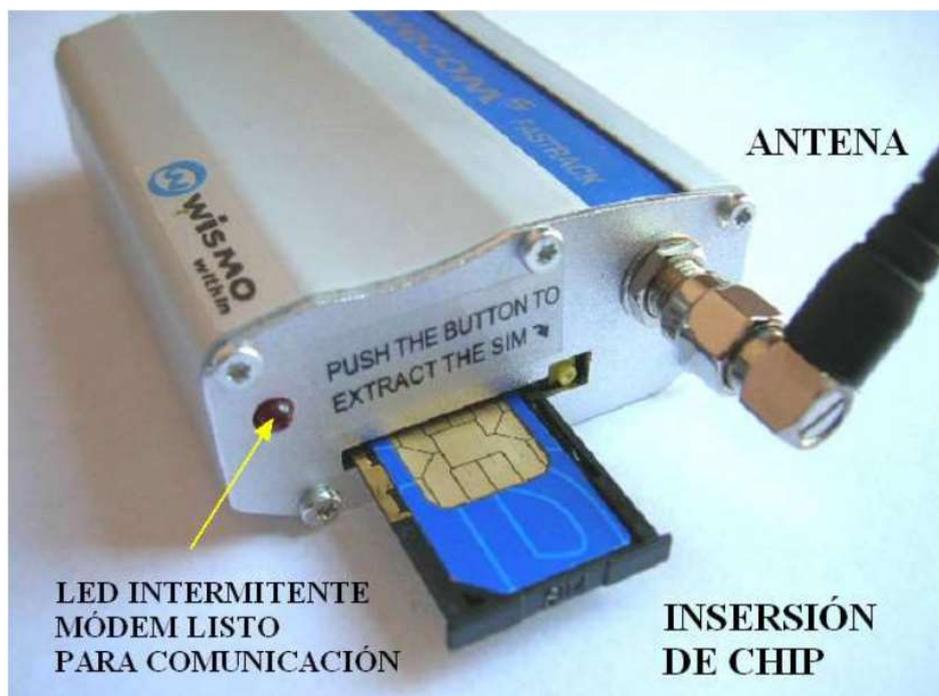


Figura 2.20: modem

Capítulo 3

CALCULOS DE PROTECCIONES Y PROGRAMACIÓN

En este capítulo se va hacer un estudio de las protecciones necesarias en el cuadro eléctrico para sus componentes, la calibración que le hemos realizado a las células de carga y la programación de datalogger y del arduino nano.

3. CALCULOS

3.1. DISEÑO DE PROTECCIONES DEL CUADRO ELECTRICO

Para el diseño de las protecciones debemos calcular y saber el consumo que van a tener cada uno de nuestros dispositivos que forman nuestro cuadro eléctrico como pueden ser el datalogger, multiplexor, arduino y conector inalámbrico.

Comenzamos comprobando los consumos de los diferentes elementos del cuadro eléctrico:

Consumos de elementos conectados a la fuente de alimentación de 12 V:

- Consumo del datalogger: como vemos en sus especificaciones tiene un valor máximo de tensión de entrada de unos 16 Vdc, una intensidad máxima de 25mA por lo tanto vamos a tener un consumo de unos 0,3W.

Con la propia intensidad del datalogger vamos a alimentar a los dos multiplexores y al conector inalámbrico por lo tanto esos consumos no afectan a la fuente de alimentación.

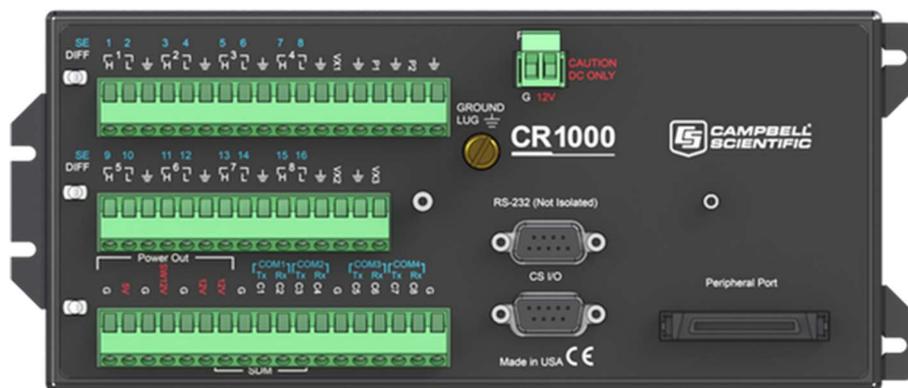


Figura 3.1: multiplexor

- consumo de salida de relés arduino donde va conectado nuestro arduino nano para la activación de los relés: tenemos una tensión de entrada máxima de unos 12 V y una intensidad 40mA por lo tanto el consumo que obtenemos va a ser aproximadamente de 0.5W.



Figura 3.2: arduino nano

Sabiendo el consumo, tensión e intensidad de datalogger y arduino nano podemos elegir la fuente de alimentación que más nos convenga siempre cumpliendo las características, por diseño de cuadro y estética hemos elegido una fuente de alimentación con fijación DIN para que el diseño de nuestro cuadro quede bien organizado y en ningún momento tengamos dificultad de espacio.

A continuación vamos a calcular el tipo de ventilador que necesitamos y calcular las protecciones necesarias tanto para ventilador, enchufe, fuente de alimentación y relés que activan las electroválvulas.

Empezamos calculando el ventilador necesario para refrigerar el cuadro ya que su lugar de trabajo es en medio de un campo agrícola donde podemos alcanzar temperaturas de unos 75-80 °C

Sabiendo las dimensiones de nuestro cuadro y sabiendo a las temperaturas que lo vamos a someter debes tener una ventilación para refrigerar los aparatos electrónicos para que no sufran fallos en las mediciones, después de unas mediciones vemos que necesitamos un caudal de aire aprox. De unos 30m³/h y después de hacer un estudio de mercado y ver con la empresa donde estaba el precio más económico pero a la vez que cumpla las expectativas tuvimos que optar por montar un ventilador de 55m³/h de la marca Rittal.

Según sus características tiene un consumo de unos 0,12A.

Para el enchufe de exterior sabiendo que vamos a tener una tensión de 230V optamos por proteger con un magnetotermico de 16A.

Por último el consumo de los relés para la activación de las electroválvulas es aprox. De unos 0,06A.

Una vez realizado el calculado de cada uno de los elementos de nuestro cuadro eléctrico por donde va pasa una corriente eléctrica y sabiendo el consumo que obtiene cada uno y sabiendo las condiciones de nuestro cuadro eléctrico vamos a proceder al cálculo y elección de nuestros elementos de protección.

3.1.1. Definición de interruptor magnetotermico

Un interruptor magnetotérmico, interruptor termomagnético o llave térmica, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

No se debe confundir con un interruptor diferencial o disyuntor.

Al igual que los fusibles, los interruptores magnetotérmicos protegen la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos.

FUNCIONAMIENTO

Al circular la corriente por el electroimán, crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado (M), tiende a abrir el contacto C, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad I que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado.

Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces (según la letra B,C,D,...) la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción.

Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica (representada en rojo) que, al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación y pasa a la posición señalada en línea de trazos lo que, mediante el correspondiente dispositivo mecánico (M), provoca la apertura del contacto C.

Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.

Ambos dispositivos se complementan en su acción de protección, el magnético para los cortocircuitos y el térmico para las sobrecargas. Además de esta desconexión automática, el aparato está provisto de una palanca que permite la desconexión manual de la corriente y el rearme del dispositivo automático cuando se ha producido una desconexión. No obstante, este rearme no es posible si persisten las condiciones de sobrecarga o cortocircuito.

Incluso volvería a saltar, aunque la palanca estuviese sujeta con el dedo, ya que utiliza un mecanismo independiente para desconectar la corriente y bajar la palanca.

El dispositivo descrito es un interruptor magnetotérmico unipolar, por cuanto sólo corta uno de los hilos del suministro eléctrico. También existen versiones bipolares y para corrientes trifásicas, pero en esencia todos están fundados en los mismos principios que el descrito.

Se dice que un interruptor es de corte omnipolar cuando interrumpe la corriente en todos los conductores activos, es decir las fases y el neutro si está distribuido.



Figura 3.3: interruptor magnético

Según la norma, Norma UNE 20460-4-43 que se define como La intensidad nominal (IN) del magnetotérmico tiene que ser mayor, o igual, a la intensidad prevista (IPREVISTA) en la línea que protege. Pero menor, o igual, a la intensidad máxima admisible (IMAXIMAADMISIBLE) por los conductores de dicha línea.

Sabiendo el consumo que tenemos de la fuente de alimentación y los elementos que van conectados a ella elegiremos el interruptor magnetotérmico para la protección de cortocircuitos que se puedan producir en nuestro cuadro y que ningún elemento electrónico sufra ningún tipo de daño.

La intensidad máxima admisible por la fuente de alimentación como anteriormente hemos podido comprar es aproximadamente de unos 0.7 A, por lo tanto debemos coger un magnetotérmico

superior a esa intensidad y en cualquier catálogo de interruptores magnetotermicos el de menor intensidad es a partir de 6 A.

Como podemos observar y buscando siempre el máximo ahorro podemos comprobar que el interruptor magnetotermico de 6 A es más caro que el de 10 A.

Así fue nuestra petición para la realización de este proyecto, pero los miembros de la empresa vieron más conveniente pedir un interruptor magnetotermico de 6 A.

Como sabemos que el cable con una intensidad admisible de 16 A tiene una sección de 2,5mm², por lo tanto vamos a escoger un interruptor automático de 16 A que será la protección de la caja de relés, el enchufe exterior del cuadro eléctrico y el ventilador ya que todos van a una tensión de 230Vac.



Figura 3.4: elección interruptor magnético

Este es el tipo de interruptor automático elegido tanto de 6 A como para 16 A, sus curvas respectivamente van a ser curva C ya que su margen es de $5I_n$ a $10I_n$.

A continuación y observando el tipo de interruptor automático que hemos elegido para la protección de nuestros elementos debemos de saber y buscar el tipo de protección contra cortocircuitos necesaria y diferencial que nos proteja el cuadro eléctrico en general ajeno de donde le provenga la llegada de la corriente para alimentarlo.

Para la protección contra sobretensión hemos elegido:

Clase	I_{max} (kA)	I_n (kA)	U_p (kV)	U_c (VAC)	U_c (VDC)
C	30	15	1,2	320	360

Figura 3.5: características de la protección contra cortocircuitos

3.1.2. Definición de interruptor diferencial

Un interruptor diferencial (ID), también llamado dispositivo diferencial residual (DDR), es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas de corriente alterna con el fin de proteger a las personas de los contactos directos e indirectos provocados por el contacto con partes activas de la instalación (contacto directo) o con elementos sometidos a potencial debido, por ejemplo, a una derivación por falta de aislamiento de partes activas de la instalación (contacto indirecto).

Es un dispositivo de protección muy importante en toda instalación, tanto doméstica, como industrial, que actúa conjuntamente con la puesta a tierra de enchufes y masas metálicas de todo aparato eléctrico, de esta forma el ID desconectará el circuito en cuanto exista una derivación o defecto a tierra mayor que su sensibilidad. Si no existe dicha conexión a tierra y se produce un contacto de un cable u elemento activo a la carcasa de una máquina, por ejemplo, el ID no se percatara hasta que una persona no aislada de tierra toque esta masa, entonces la corriente recorrerá su cuerpo hacia tierra provocando un defecto a tierra y superando ésta la sensibilidad del ID, que disparará protegiendo a la persona y evitando así su electrocución.

3.1.2.1. Tipos de interruptor diferencial

- Interruptor Diferencial clase AC

Son los más comúnmente utilizados.

- Interruptor Diferencial clase A

Se utilizan para corrientes alternas con componente continua. Los semiconductores generan corrientes de fuga que no son detectadas por los de clase "AC".

- Interruptor Diferencial "Si" Superinmunizado

Es un dispositivo diferencial del tipo "A" mejorado. Evita las desconexiones intempestivas por corrientes de alta frecuencia producidas entre otros por los circuitos informáticos, circuitos con reactancias electrónicas o las corrientes inducidas por las descargas de origen atmosférico. Evitan de esta manera los saltos intempestivos debidos a elementos externos a la instalación que protege.

- Interruptor Diferencial clase S

Son dispositivos retardados a la desconexión que se utilizan para garantizar la selectividad. Cuando un circuito necesita disponer de dos ID de la misma sensibilidad en serie, el instalado en la cabecera si es de clase "S" saltará más tarde.

La elección del diferencial superinmunizado es debido a que tenemos varios elementos electrónicos y queremos evitar que haya desconexiones intempestivas por corrientes de alta frecuencia producidas por circuitos con reactancias electrónicas, evitan de esta manera los saltos intempestivos debidos a elementos externos a la instalación que protege.

Y para elegir el diferencia superinmunizado debemos tener en cuenta que tenemos un magnetotermico de 16 A, como el lugar donde mayor intensidad vamos a tener, por lo tanto nuestro diferencial debe de ser continuamente mayor a nuestro interruptor automático de mayor intensidad y para ello vemos que debemos elegir el de 25 A, con una sensibilidad de 30mA.

Asi fue nuestra petición pero por el coste elevado de ese diferencial el que hemos utilidad es un interruptor diferencial normal con una sensibilidad de 30mA.

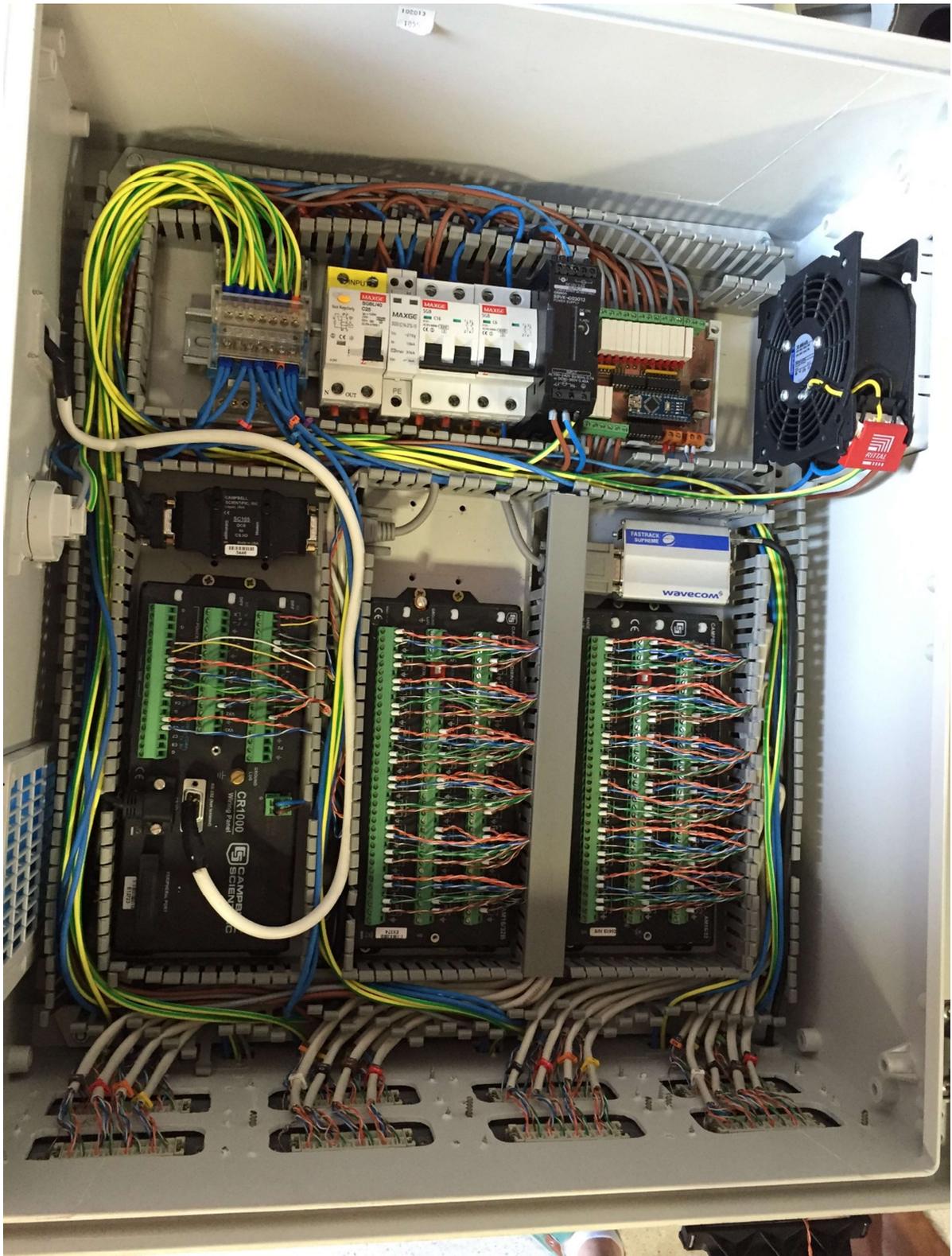


Figura4.1-imagen real del cuadro eléctrico.

3.2. CALIBRACIÓN DE CELULAS DE CARGA

En este apartado vamos a proceder con la calibración de las células de carga para comprobar su error y poder sacar su recta de calibración, en la cual nos basamos para saber en cada momento el peso que tiene la maceta.

Lo primero que vamos a proceder es con el conexionado entre célula-multiplexor-datalogger, como hemos hablado antes el propio programa de datalogger nos da como debe de ser el conexionado.

A continuación veremos la conexión que debemos realizar entre el multiplexor y el datalogger según el loggernet.

CR1000 Wiring Text for untitled.scw

CR1000	Attached Sensor/Device		
Terminal	Wire/Terminal	Name	Measurements
1H	COM EVEN H	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
1L	COM EVEN L	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
⏏ (Ground)	COM ODD L	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
2H	COM EVEN H	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
2L	COM EVEN L	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
⏏ (Ground)	COM Ground	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
	COM Ground	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
3H			
3L			
⏏ (Ground)	COM ODD L	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
4H			
4L			
⏏ (Ground)			
VX1 or EX1	COM ODD H	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
	COM ODD H	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
⏏ (Ground)			
P1			
⏏ (Ground)			
P2			
⏏ (Ground)			
5H			
5L			
⏏ (Ground)			
6H			
6L			
⏏ (Ground)			
7H			
7L			
⏏ (Ground)			
8H			

CR1000		Attached Sensor/Device	
Terminal	Wire/Terminal	Name	Measurements
1H	COM EVEN H	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
1L	COM EVEN L	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
\perp (Ground)	COM ODD L	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
2H	COM EVEN H	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
2L	COM EVEN L	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
\perp (Ground)	COM Ground	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
	COM Ground	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
3H			
3L			
\perp (Ground)	COM ODD L	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
4H			
4L			
\perp (Ground)			
VX1 or EX1	COM ODD H	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
	COM ODD H	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
\perp (Ground)			
P1			
\perp (Ground)			
P2			
\perp (Ground)			
5H			
5L			
\perp (Ground)			
6H			
6L			
\perp (Ground)			
7H			
7L			
\perp (Ground)			
8H			
8L			
\perp (Ground)			
VX2 or EX2			
\perp (Ground)			
VX3 or EX3			
G	GND	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
	GND	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
5V			
G			
SW-12			
G			
12V	12V	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
	12V	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
12V			
G			
C1	CLK	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
	CLK	AM16/32 (4x16 mode) (2)	
C2	RES	AM16/32 (4x16 mode) (1)	
C3	RES	AM16/32 (4x16 mode) (2)	

Figura3.6: conexionado de datalogger –multiplexor

A continuación vamos a realizar el conexionado entre la célula de carga y el multiplexor, según el tipo de célula de carga que tenemos y descrita en el programa loggernet como full bridge.

Esta es la conexión de nuestras células.

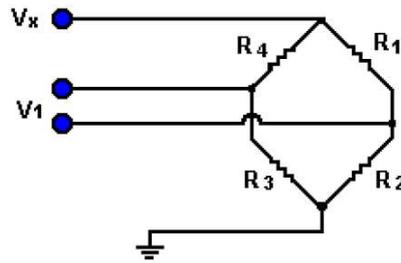


Figura3.7: tipo de conexión de célula de carga

Como ya sabemos el conexionado de nuestras células a continuación vemos el conexionado entre multiplexor y células de carga.

AM16/32 (4x16 mode) (1)	Attached Sensor/Device		
Terminal	Wire/Terminal	Name	Measurements
1H	Excite	FullBr (1)	FullBR(1)
1L	Ground	FullBr (1)	FullBR(1)
⌋ or ⏏ (Ground)	Shield	FullBr (1)	FullBR(1)
2H	High	FullBr (1)	FullBR(1)
2L	Low	FullBr (1)	FullBR(1)
⌋ or ⏏ (Ground)			
3H	Excite	FullBr (2)	FullBR(2)
3L	Ground	FullBr (2)	FullBR(2)
⌋ or ⏏ (Ground)	Shield	FullBr (2)	FullBR(2)
4H	High	FullBr (2)	FullBR(2)
4L	Low	FullBr (2)	FullBR(2)
⌋ or ⏏ (Ground)			
5H	Excite	FullBr (3)	FullBR(3)
5L	Ground	FullBr (3)	FullBR(3)
⌋ or ⏏ (Ground)	Shield	FullBr (3)	FullBR(3)
6H	High	FullBr (3)	FullBR(3)
6L	Low	FullBr (3)	FullBR(3)
⌋ or ⏏ (Ground)			
7H	Excite	FullBr (4)	FullBR(4)
7L	Ground	FullBr (4)	FullBR(4)
⌋ or ⏏ (Ground)	Shield	FullBr (4)	FullBR(4)
8H	High	FullBr (4)	FullBR(4)
8L	Low	FullBr (4)	FullBR(4)
⌋ or ⏏ (Ground)			
9H	Excite	FullBr (5)	FullBR(5)
9L	Ground	FullBr (5)	FullBR(5)
⌋ or ⏏ (Ground)	Shield	FullBr (5)	FullBR(5)
10H	High	FullBr (5)	FullBR(5)
10L	Low	FullBr (5)	FullBR(5)
⌋ or ⏏ (Ground)			
11H	Excite	FullBr (6)	FullBR(6)
11L	Ground	FullBr (6)	FullBR(6)
⌋ or ⏏ (Ground)	Shield	FullBr (6)	FullBR(6)
12H	High	FullBr (6)	FullBR(6)
12L	Low	FullBr (6)	FullBR(6)
⌋ or ⏏ (Ground)			

Figura3.8: conexión entre células de carga y multiplexor

RES	C2	CR1000	
CLK	C1	CR1000	
GND	G	CR1000	
12V	12V	CR1000	
COM ODD H	VX1 or EX1	CR1000	
COM ODD L	\perp (Ground)	CR1000	
COM BGround			
COM EVEN H	1H	CR1000	
COM EVEN L	1L	CR1000	
COM BGround			
13H	Excite	FullBr (7)	FullBR(7)
13L	Ground	FullBr (7)	FullBR(7)
\downarrow or \perp (Ground)	Shield	FullBr (7)	FullBR(7)
14H	High	FullBr (7)	FullBR(7)
14L	Low	FullBr (7)	FullBR(7)
\downarrow or \perp (Ground)			
15H	Excite	FullBr (8)	FullBR(8)
15L	Ground	FullBr (8)	FullBR(8)
\downarrow or \perp (Ground)	Shield	FullBr (8)	FullBR(8)
16H	High	FullBr (8)	FullBR(8)
16L	Low	FullBr (8)	FullBR(8)
\downarrow or \perp (Ground)			
17H	Excite	FullBr (9)	FullBR(9)
17L	Ground	FullBr (9)	FullBR(9)
\downarrow or \perp (Ground)	Shield	FullBr (9)	FullBR(9)
18H	High	FullBr (9)	FullBR(9)
18L	Low	FullBr (9)	FullBR(9)
\downarrow or \perp (Ground)			
19H	Excite	FullBr (10)	FullBR(10)
19L	Ground	FullBr (10)	FullBR(10)
\downarrow or \perp (Ground)	Shield	FullBr (10)	FullBR(10)
20H	High	FullBr (10)	FullBR(10)
20L	Low	FullBr (10)	FullBR(10)

Figura3.9: conexión entre células de carga y multiplexor

En esta última imagen podemos ver la conexiones entre el multiplexor con el datalogger y a su vez las células de carga conectadas al multiplexor que en total hacen una suma de 16 células de carga por cada multiplexor.

Después de saber cada una de las conexiones de los diferentes tipos de elementos que constituyen nuestro cuadro eléctrico y hacer el cableado pasamos a la calibración de cada una de las células de carga.

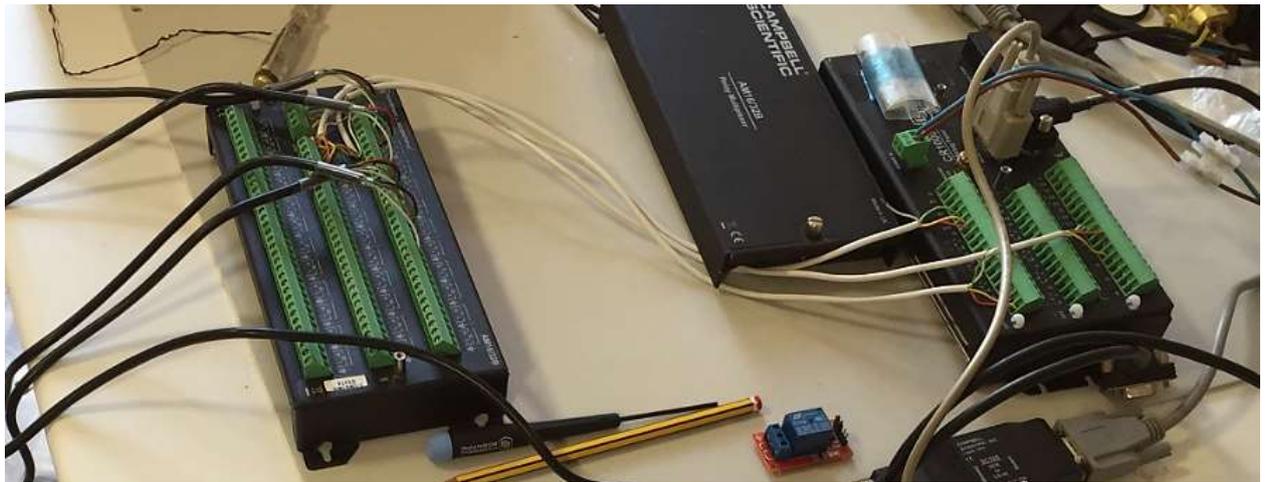


Figura3.10: conexionado entre célula de carga y multiplexor

En la imagen anterior podemos observar el conexionado entre el multiplexor y el datalogger, el conexionado está realizado según las imágenes expuestas anteriormente, las cuales hemos obtenido a través del loggernet.

El siguiente paso va ser la calibración de la célula para ello debemos medir el valor de la célula en reposo e ir incrementando el peso hasta llegar a su límite de peso (30 kg), después iremos disminuyendo hasta dejarla en reposo

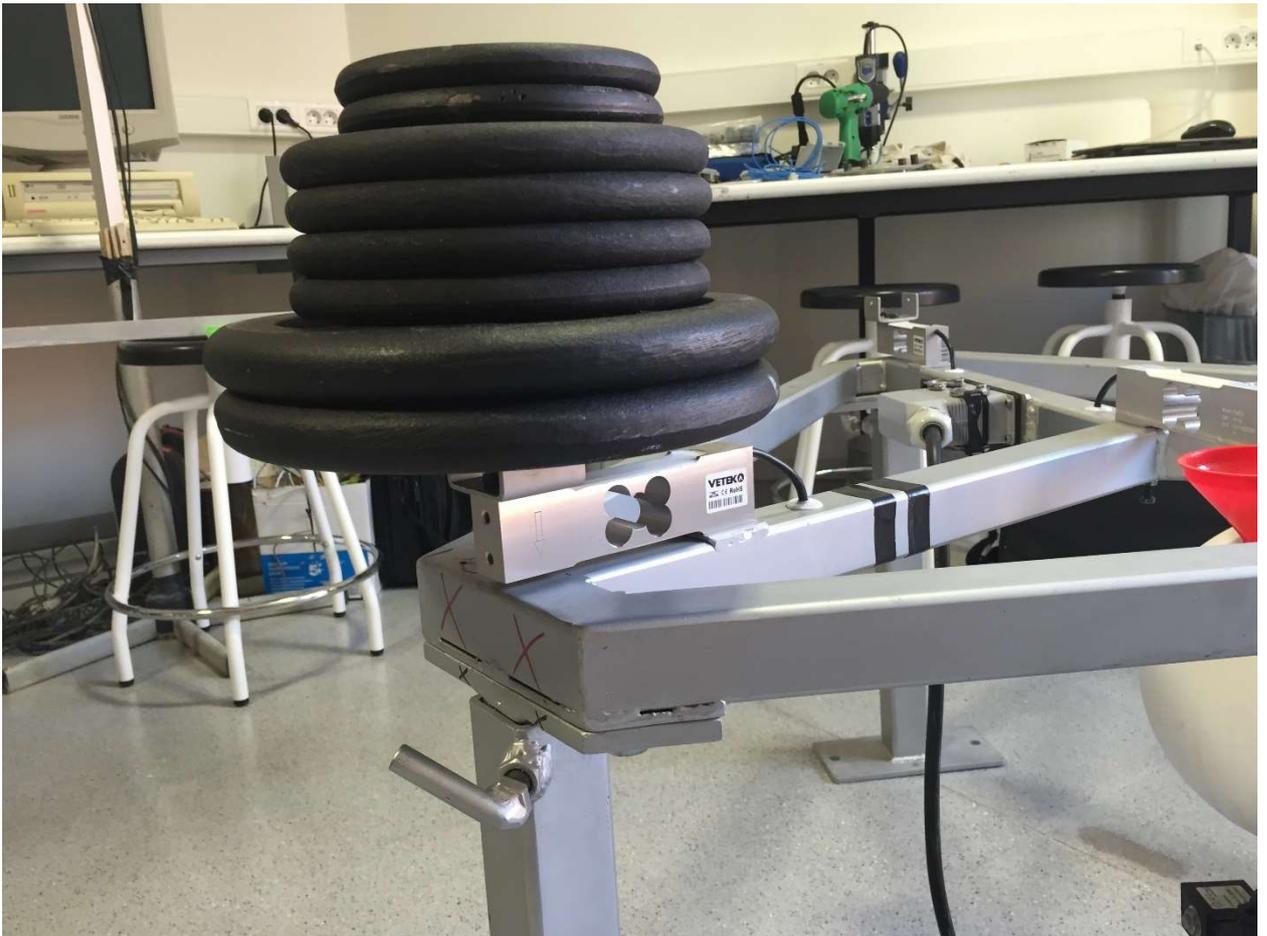


Figura3.11: calibración de la célula de carga

Vemos la célula de carga soportando su máximo peso para ahora ir disminuyendo, a continuación mostraremos los resultados y veremos la recta de calibración realizada para cada una de nuestras células de carga.

CELULA DE CARGA 1

Peso (gr)	Peso total(gr)	mV(aumeto)	mV(disminuye)	Media
	0	0,0008024	0,0008024	0,0008024
100	100	0,006419	0,0064192	0,0064191
5057,8	5157,8	0,3345927	0,3346002	0,33459645
5031	10188,8	0,6603606	0,6611763	0,66076845
4924,8	15113,6	0,9796958	0,9805283	0,98011205
2067,2	17180,8	1,113694	1,1145290	1,1141115
2047,4	19228,2	1,2468880	1,2469210	1,2469045
1053,9	20282,1	1,3150900	1,3151250	1,3151075
2035,2	22317,3	1,4474820	1,4475150	1,4474985
2030,5	24347,8	1,5790480	1,5791080	1,579078
1041,1	25388,9	1,6464480	1,6465050	1,6464765
996,4	26385,3	1,7106360	1,7106910	1,7106635
504,6	26889,9	1,7435400	1,7435840	1,743562
504,3	27394,2	1,7764370	1,7764790	1,776458
802	28196,2	1,8286000	1,8278320	1,828216
802	28998,2	1,8799610	1,8799780	1,8799695
802	29800,2	1,9321150	1,9321240	1,9321195

Tabla 3.1: calibración célula de carga 1

Viendo los valores obtenidos y después de comprobar la media, a continuación vamos a proceder hacer la resta de calibración y saber cada uno de sus parámetros.

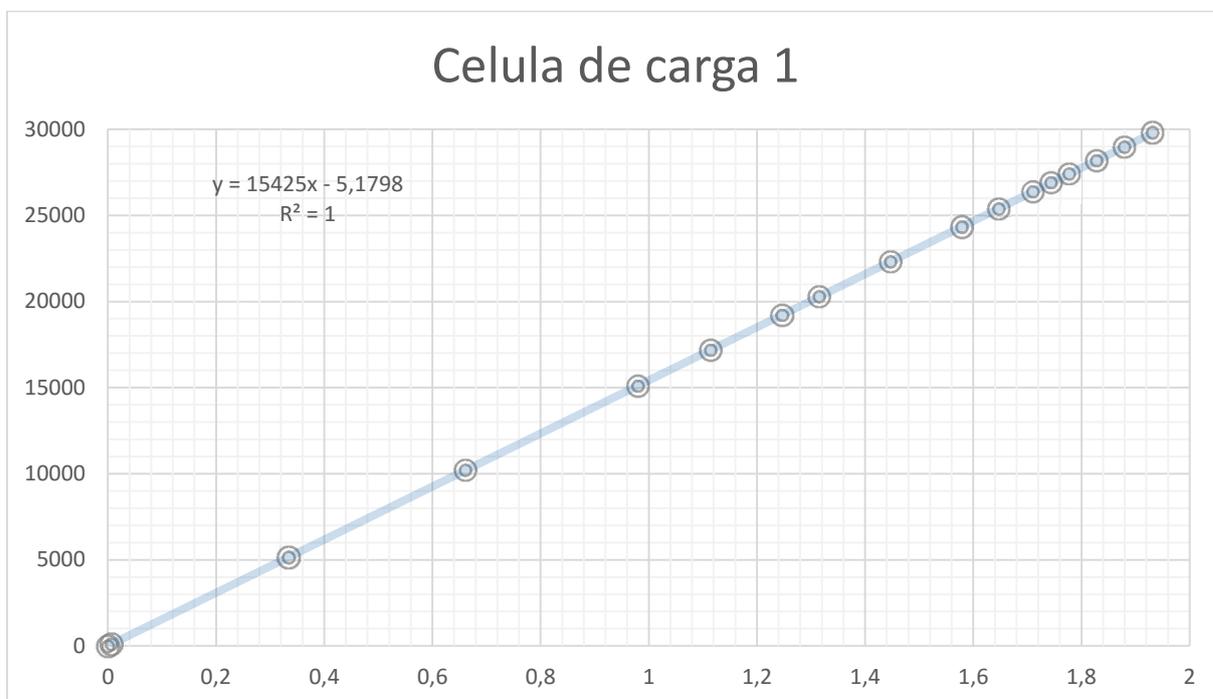


Figura 3.12: Grafica de recta de calibración

A continuación y siguiendo los mismos pasos para la calibración de esta primera célula repetimos los mismo pasos para cada una de ellas, por lo tanto los resultados y graficas mostradas posteriormente pertenecen a las células 2, 3 y la célula del depósito, la cual es el mismo modelo de célula que las anteriores pero su peso máximo permitido es de 10kg.

CELULA DE CARGA 2

Peso (gr)	Peso total(gr)	nV(aumento)	mV(disminuye)	Media
	0	0,0176518	0,0176502	0,017651
104	104	0,0240705	0,0248709	0,0244707
5057,8	5161,8	0,3554396	0,3562151	0,35582735
5031	10192,8	0,6852041	0,6851571	0,6851806
4924,8	15117,6	1,0077320	1,0076780	1,007705
2067,2	17184,8	1,1433260	1,1432660	1,143296
2047,4	19232,2	1,2773160	1,2772580	1,277287
1053,9	20286,1	1,3463170	1,3462560	1,3462865
2035,2	22321,3	1,4795040	1,4794370	1,4794705
2030,5	24351,8	1,6126920	1,6126300	1,612661
1041,1	25392,9	1,6808900	1,6808260	1,680858
996,4	26389,3	1,7458760	1,7458130	1,7458445
504,6	26893,9	1,7795440	1,7795210	1,7795325
504,3	27398,2	1,8124390	1,8124160	1,8124275
802	28200,2	1,8645890	1,8645660	1,8645775
802	29002,2	1,9167350	1,9167270	1,916731
802	29804,2	1,9696880	1,9696800	1,969684

Tabla 3.2: calibración célula de carga 2

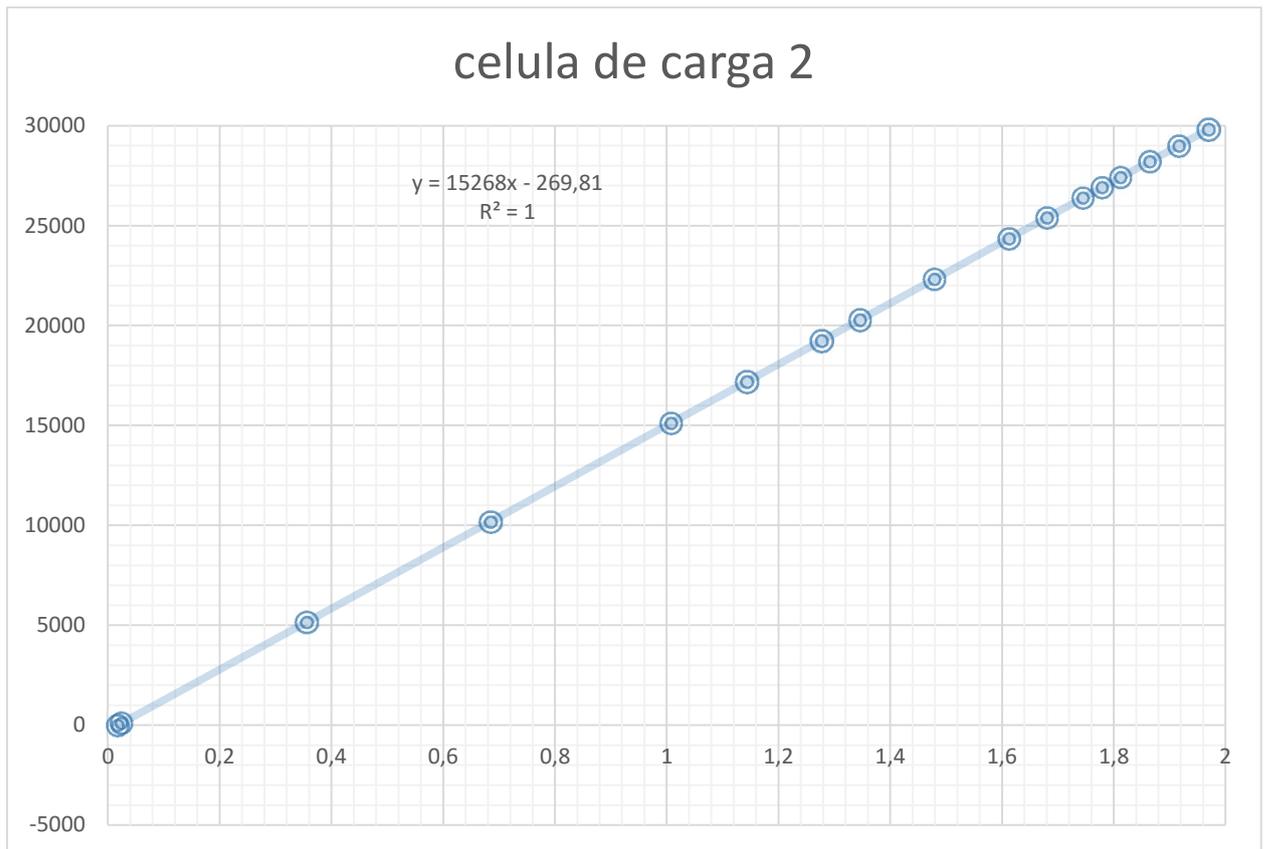


Figura 3.13: Grafica de recta de calibración

CELULA DE CARGA 3

Peso (gr)	Peso total(gr)	mV(aumeto)	mV(disminuye)	Media
104	104	0,0056165	0,0056165	0,0056165
5057,8	5161,8	0,3353836	0,3361893	0,3357865
5031	10192,8	0,664348	0,6643550	0,6643515
4924,8	15117,6	0,9852862	0,9852979	0,9852921
2067,2	17184,8	1,1200760	1,1208970	1,1204865
2047,4	19232,2	1,2540630	1,2540880	1,2540755
1053,9	20286,1	1,3222770	1,3230880	1,3226825
2035,2	22321,3	1,4554670	1,4554770	1,455472
2030,5	24351,8	1,5878550	1,5886620	1,5882585
1041,1	25392,9	1,6560700	1,6560790	1,6560745
996,4	26389,3	1,7210480	1,7210710	1,7210595
504,6	26893,9	1,7539450	1,7539680	1,7539565
504,3	27398,2	1,7868290	1,7868600	1,7868445
802	28200,2	1,8389820	1,8390130	1,8389975
802	29002,2	1,8919520	1,8911670	1,8915595
802	29804,2	1,9433130	1,9433130	1,943313

Tabla 3.3: Calibración célula de carga 3

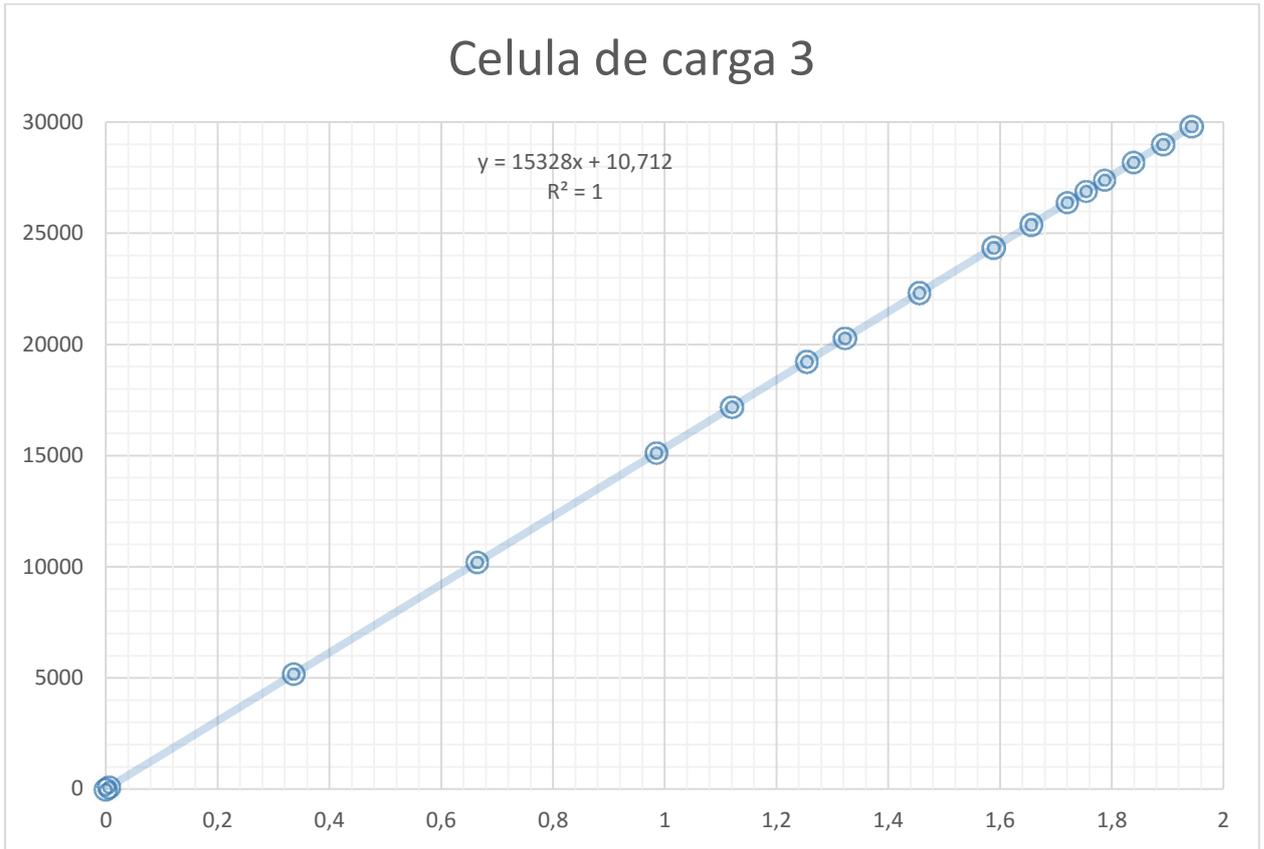


Figura 3.14: Grafica de recta de calibración

CELULA DE CARGA 10KG

Peso (gr)	mV(aumeto)	mV(disminuye)	Media
0	0,010835	0,010835	0
224	0,055579	0,061791	0,058685
736	0,157305	0,163705	0,160505
1225	0,254618	0,261006	0,257812
1746	0,358152	0,364926	0,361539
2239	0,457472	0,463024	0,460248
3186	0,645276	0,651404	0,64834
4153	0,837495	0,843796	0,8406455
5113	1,02871	1,034588	1,031649
6070	1,218922	1,224573	1,2217475
7055	1,414151	1,420176	1,4171635
8067	1,61339	1,618969	1,6161795
0	0,010835	0,010835	0
224	0,055579	0,061791	0,058685
736	0,157305	0,163705	0,160505
1225	0,254618	0,261006	0,257812

Tabla 3.4: Calibración célula de carga 10kg

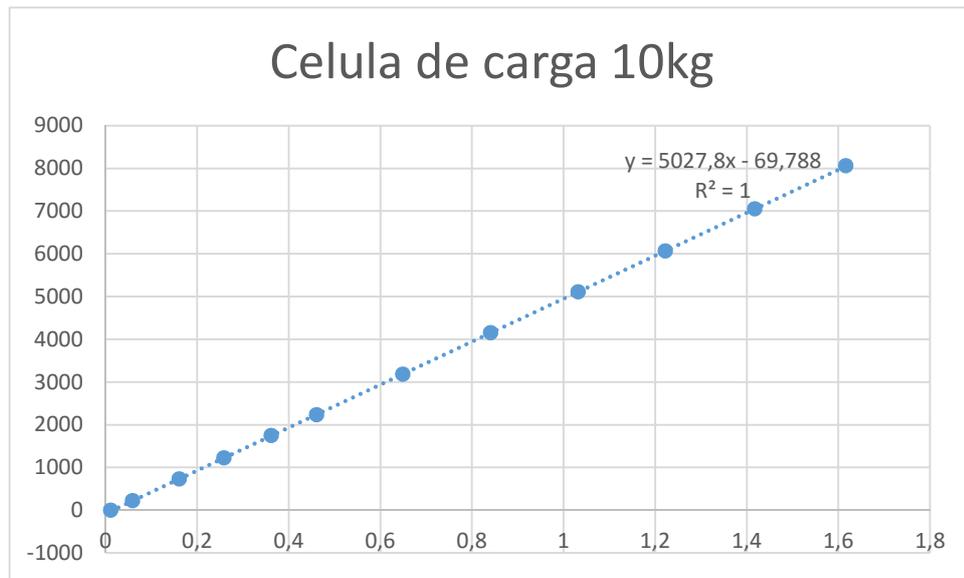


Figura 3.15: Grafica de recta de calibración

Como hemos podido comprobar en las tablas de tomas de datos y los valores recopilados tenemos que en las gráficas van representadas por el eje X los milivoltios obtenido y en el eje Y los gramos que hemos ido aportando.

Después de realizar la recta de calibración de cada una de las células de carga, podemos comprobar que las 3 primeras células siendo el mismo modelo y teniendo la misma características vemos que por el tipo de sujeción con el chasis del lisímetro o cualquier otro minúsculo defecto vemos que ninguna de las tres coinciden los parámetro de la recta de regresión, añadiendo que el peso es el mismo para las 3 y la calibración ha sido realizada con los mismo pasos para cada una de las células.

3.3. PROGRAMACION DE DATALOGGER

Una vez que ya hemos calibrado las células de carga y que tenemos todo montado comenzamos con la fase de la programación, este tipo de programación se denomina TCP/IP.

Aunque el propio programa loggernet nos facilita una simple programación para poder visualizar los valores que tenemos en cada célula de carga.

A continuación veremos cómo hemos realizado la programación paso a paso, veremos la declaración de variables, cambio de unidades, activación y desactivación del módulo de relés de arduino y del ventilador.

Comenzamos con la programación del CR1000:

Declaracion de unidades y variables.

Dim LCount

Dim EstLis(9)

Dim Temporizador(8)

Dim x

Dim y

Dim SerialArduino

Constante paso de tiempo, se necesitan 1000 para cambio de estado

Con un valor superior a 1000, el cambio de estado será en un ciclo

Const Paso=1001

Voltaje de la bateria

Public Batt_Volt

Valor Temporal Lectura de Voltaje Celula de Carga

Public FullBR(32)

Matriz de Calibracion, 8 lisímetros, 4 células, 2 variables

Public Calibracion(8,4,2)

Temperatura caja

Public PTemp_C

Valores de las Células de Carga en Gramos, resultado calibrado con recta de calibración

Public Celula(8,4)

Peso que incluye la suma de las 3 células de carga L1, L2, L3

Public Peso(8)

Peso calibrado de depósito de drenaje

```

Public Drenaje(8)
Peso tras restar drenaje
Public Resultado(8)
Asignacion de unidades, Celulas de carga en gramos
Units Batt_Volt=Volts
Units FullBR=mV
Units PTemp_C=Deg C
Units Celula=gr

Units Peso=gr

Units Drenaje=gr
Units Resultado=gr

```

Aquí tenemos las primeras líneas de código como podemos ver en negrita tenemos el significado de cada una de las variables y lo que significa cada una de las cosas, también podemos ver la asignación de las unidades a cada variable, para hacer esos cambio de unidades ante hemos tenido que dirigirnos a las características de cada una de los elementos que intervienen, como células de carga, multiplexor, ventilador, relé de módulo de arduino.

```

Define Data Tables
Guardamos datos variables
DataTable(Medmin2,True,-1)
DataInterval(0,1,Min,2)
Average(1,PTemp_C,FP2,False)
Average(1,Batt_Volt,FP2,False)
Minimum (1,Batt_Volt,FP2,0,False)
Average(1,FullBR(1),FP2,False)
Average(1,FullBR(2),FP2,False)
Average(1,FullBR(3),FP2,False)
Average(1,FullBR(4),FP2,False)
Average(1,FullBR(5),FP2,False)
Average(1,FullBR(6),FP2,False)
Average(1,FullBR(7),FP2,False)
Average(1,FullBR(8),FP2,False)
Average(1,FullBR(9),FP2,False)
Average(1,FullBR(10),FP2,False)
Average(1,FullBR(11),FP2,False)
Average(1,FullBR(12),FP2,False)
Average(1,FullBR(13),FP2,False)
Average(1,FullBR(14),FP2,False)
Average(1,FullBR(15),FP2,False)
Average(1,FullBR(16),FP2,False)
Average(1,FullBR(17),FP2,False)
Average(1,FullBR(18),FP2,False)
Average(1,FullBR(19),FP2,False)
Average(1,FullBR(20),FP2,False)
Average(1,FullBR(21),FP2,False)
Average(1,FullBR(22),FP2,False)

```

Average(1,FullBR(23),FP2,False)
 Average(1,FullBR(24),FP2,False)
 Average(1,FullBR(25),FP2,False)
 Average(1,FullBR(26),FP2,False)
 Average(1,FullBR(27),FP2,False)
 Average(1,FullBR(28),FP2,False)
 Average(1,FullBR(29),FP2,False)
 Average(1,FullBR(30),FP2,False)
 Average(1,FullBR(31),FP2,False)
 Average(1,FullBR(32),FP2,False)
 Average(1,Celula(1,1),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(1,2),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(1,3),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(1,4),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(2,1),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(2,2),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(2,3),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(2,4),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(3,1),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(3,2),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(3,3),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(3,4),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(4,1),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(4,2),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(4,3),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(4,4),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(5,1),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(5,2),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(5,3),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(5,4),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(6,1),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(6,2),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(6,3),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(6,4),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(7,1),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(7,2),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(7,3),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(7,4),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(8,1),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(8,2),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(8,3),IEEE4,False)
 Average(1,Celula(8,4),IEEE4,False)
 Average(1,Peso(1),IEEE4,False)
 Average(1,Peso(2),IEEE4,False)
 Average(1,Peso(3),IEEE4,False)
 Average(1,Peso(4),IEEE4,False)
 Average(1,Peso(5),IEEE4,False)
 Average(1,Peso(6),IEEE4,False)
 Average(1,Peso(7),IEEE4,False)
 Average(1,Peso(8),IEEE4,False)
 Average(1,Drenaje(1),IEEE4,False)
 Average(1,Drenaje(2),IEEE4,False)
 Average(1,Drenaje(3),IEEE4,False)
 Average(1,Drenaje(4),IEEE4,False)
 Average(1,Drenaje(5),IEEE4,False)

```

Average(1,Drenaje(6),IEEE4,False)
Average(1,Drenaje(7),IEEE4,False)
Average(1,Drenaje(8),IEEE4,False)
Average(1,Resultado(1),IEEE4,False)
Average(1,Resultado(2),IEEE4,False)
Average(1,Resultado(3),IEEE4,False)
Average(1,Resultado(4),IEEE4,False)
Average(1,Resultado(5),IEEE4,False)
Average(1,Resultado(6),IEEE4,False)
Average(1,Resultado(7),IEEE4,False)
Average(1,Resultado(8),IEEE4,False)
Average (1,EstLis(1),uint2,False) )
Average (1,EstLis(2),uint2,False) )
    Average(1,EstLis(3),uint2,False)
    Average(1,EstLis(4),uint2,False)
    Average(1,EstLis(5),uint2,False)
    Average(1,EstLis(6),uint2,False)
    Average(1,EstLis(7),uint2,False)
    Average(1,EstLis(8),uint2,False)
    Average(1,EstLis(9),uint2,False)
EndTable

```

En estas líneas de código y según las variables definidas hemos definido las tablas y el lugar exacto donde se guarda cada una de las variables incluso dando su valor en las unidades indicadas, añadir que siempre todo lo hecho en este proyecto está preparado para 8 lisímetros y que únicamente hemos realizado las pruebas con 1, sabiendo que estamos en una fase de investigación y definiéndolo para la venta de este producto.

```

'Main Program
'Comienzo del programa
'Abrimos puerto serie 3 comunicado con Bloque de Reles
BeginProg
    SerialOpen (Com3,19200,0,0,10000)
    'Datos de calibracion
    Calibracion(1,1,1)=15425
    Calibracion(1,1,2)=-5.1798
    Calibracion(1,2,1)=15268
        Calibracion(1,2,2)=-269.81
    Calibracion(1,3,1)=15328
    Calibracion(1,3,2)=10.712
    Calibracion(1,4,1)=5027.8
    Calibracion(1,4,2)=-69.788
    Calibracion(2,1,1)=15000
    Calibracion(2,1,2)=0
    Calibracion(2,2,1)=15000
        Calibracion(2,2,2)=0
    Calibracion(2,3,1)=15000
    Calibracion(2,3,2)=0
    Calibracion(2,4,1)=15000
    Calibracion(2,4,2)=0
    Calibracion(3,1,1)=15000

```

```

Calibracion(3,1,2)=0
Calibracion(3,2,1)=15000
    Calibracion(3,2,2)=0
    Calibracion(3,3,1)=15000
    Calibracion(3,3,2)=0
    Calibracion(3,4,1)=15000
    Calibracion(3,4,2)=0
    Calibracion(4,1,1)=15000
Calibracion(4,1,2)=0
Calibracion(4,2,1)=15000
    Calibracion(4,2,2)=0
    Calibracion(4,3,1)=15000
    Calibracion(4,3,2)=0
    Calibracion(4,4,1)=15000
    Calibracion(4,4,2)=0
Calibracion(5,1,1)=15000
Calibracion(5,1,2)=0
Calibracion(5,2,1)=15000
    Calibracion(5,2,2)=0
    Calibracion(5,3,1)=15000
    Calibracion(5,3,2)=0
    Calibracion(5,4,1)=15000
    Calibracion(5,4,2)=0
    Calibracion(6,1,1)=15000
Calibracion(6,1,2)=0
Calibracion(6,2,1)=15000
    Calibracion(6,2,2)=0
    Calibracion(6,3,1)=15000
    Calibracion(6,3,2)=0
    Calibracion(6,4,1)=15000
    Calibracion(6,4,2)=0
    Calibracion(7,1,1)=15000
Calibracion(7,1,2)=0
Calibracion(7,2,1)=15000
    Calibracion(7,2,2)=0
    Calibracion(7,3,1)=15000
    Calibracion(7,3,2)=0
    Calibracion(7,4,1)=15000
    Calibracion(7,4,2)=0
    Calibracion(8,1,1)=15000
Calibracion(8,1,2)=0
Calibracion(8,2,1)=15000
    Calibracion(8,2,2)=0
    Calibracion(8,3,1)=15000
    Calibracion(8,3,2)=0
    Calibracion(8,4,1)=15000
    Calibracion(8,4,2)=0
Scan(2,Sec,1,0)
    'Default Datalogger Battery Voltage measurement
Batt_Volt:
    Battery(Batt_Volt)
    'Turn AM416 Multiplexer On
    PortSet(2,1)
    LCount=1
    SubScan(0,uSec,16)

```

```

        'Switch to next AM416 Multiplexer channel
        PulsePort(1,10000)
        'Generic Full Bridge measurements FullBR()
on the AM416 Multiplexer:

        BrFull(FullBR(LCount),1,mV7_5,1,1,1,2500,False,False,
0,_60Hz,1,0)          LCount=LCount+1
        NextSubScan
        'Turn AM416 Multiplexer Off
        PortSet(2,0)
        'Conectamos el segundo multiplexor
        PortSet(3,1)
        SubScan(0,uSec,16)
        'Switch to next AM416 Multiplexer channel
        PulsePort(1,10000)
        'Generic Full Bridge measurements FullBR()
on the AM416 Multiplexer:
        BrFull(FullBR(LCount),1,mV7_5,1,1,1,2500,False,False,
0,_60Hz,1,0)          LCount=LCount+1
        NextSubScan
        'Desconectamos el segundo multiplexor
        PortSet(3,0)

```

Aquí se le dan los valores de calibración de las células de carga para tener una precisión perfecta como podemos observar únicamente hemos puesto los valores de las células calibradas y utilizadas el resto de células se quedan con esos parámetros ya que no van a ser usadas.

También podemos tomar la medida de los voltios en momento real que hay en el datalogger y el conexasiónado de cada célula de carga con el multiplexor que le corresponde.

```

(y=1 to 8) y
por célula de carga L1,L2,L3 y Drenaje (x =1 to 4)
        LCount=1
        For y=1 To 8
        For x=1 To 4

Celula(y,x)=(Calibracion(y,x,1)*FullBr(LCount))+Calibracion(y,x,2)

        LCount=LCount+1
        Next x
        Peso(y)=Celula(y,1)+Celula(y,2)+Celula(y,3)
        Drenaje(y)=Celula(y,4)
        Resultado(y)=Peso(y)-Drenaje(y)
        Next y

```

En este trozo de código vamos a hacer usar las ecuaciones obtenidas en la calibración para hacer el cambio de mV a g de cada una de las células a utilizar.

```

x=1
y=32
For LCount=1 To 9
  If (LCount<9) Then

  If Drenaje(LCount)<1000 AND EstLis(LCount)=3
  EstLis(1)=1
  EndIf

  If Drenaje(LCount)>4000 AND EstLis(LCount)=0
  EstLis(LCount)=1
  Temporizador(LCount)=0

  EndIf
  If (EstLis(LCount)=1) Then
  If Temporizador(LCount)>1000 AND Drenaje(LCount)>2000
Then EstLis(LCount)=3
  If Temporizador(LCount)>2000 AND Drenaje(LCount)<2000
Then EstLis(LCount)=0
  If (EstLis(LCount)=1) Then
Temporizador(LCount)=Temporizador(LCount)+paso
  EndIf

```

Bucle para envío de señal de relé, Comenzamos con el primer trio de lisímetros 01 xx xx xx este número es el 32, con la Y damos la dirección del grupo, el drenaje está vacío, el estado pasa a 1, cerramos válvula de vaciado continuamos con el temporizado para conectar electroválvula de llenado, el drenaje está lleno, inicializamos temporizador y cerramos válvula de carga. Ponemos el estado en 1, para iniciar temporización, ponemos el temporizador a 0.

Cuando está en Estado 1, Las dos válvulas están cerradas esperando el tiempo preestablecido para cambiar de estado 1000 y 2000

Si la válvula está llena pasamos a estado 3, válvula de carga cerrada, válvula de descarga abierta.

Si la válvula está vacía pasaremos a estado 0, estado normal Con la válvula de entrada abierta y la válvula de salida cerrada, esperamos el tiempo de temporizado para descargar.

Fin de bucle.

```

If (LCount=9) Then
  If (PTemp_C>30) Then EstLis(9)=1
  If (PTemp_C<28) Then EstLis(9)=0
  EndIf
  x=x+1

```

Aquí tenemos la parte correspondiente al encendido o apagado del ventilador si el valor de temperatura está por encima de 30 grados se encenderá y si bajo por debajo de los 28 se apagará.

```

If x=4 Then
  'Contador peso EstadoLisimetro en el byte (1,2,3)
  x=1
  'Generamos byte, iniciamos con la direccion (y)
  (64,128,192)
  SerialArduino=y
  'los datos van en parejas con peso 1,4,16
  ' y + 16 (xx) + 4 (xx)+ xx

SerialArduino=CHR(SerialArduino+16*Estlis(LCount)+4*EstLis(LCount-1)+EstLis(LCount-2))
  SerialOutBlock (Com3,SerialArduino,1)
  y=y+64
  EndIf

  Next LCount

          'Call Data Tables and Store Data
          CallTable(Medmin2)
  NextScan
EndProg

```

Y por último tenemos la conexión entre nuestro datalogger y arduino para la activación de las electroválvulas, según en el estado que nos encontremos vamos a enviar una serie de bit al arduino como veremos a continuación la programación de arduino está preparada para la entrada de la información dada desde el multiplexor y el estado en el que nos encontramos en cada momento.

3.4. PROGRAMACIÓN DE ARDUINO

Aquí comenzamos con la programación de arduino, lo cual es utilizado para la activación de las electroválvulas estén cerradas o abierta según su estado de llenado o vaciado.

Comenzamos con la programación de arduino.

```
byte data;
boolean uno;
boolean dos;

void setup() {
byte mask=1;

pinMode(13, OUTPUT);
pinMode(12, OUTPUT);
pinMode(11, OUTPUT);
pinMode(10, OUTPUT);
pinMode(9, OUTPUT);
pinMode(8, OUTPUT);
pinMode(7, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(3, OUTPUT);
pinMode(2, OUTPUT);
pinMode(A0,OUTPUT);
pinMode(A1,OUTPUT);
pinMode(A2,OUTPUT);
pinMode(A3,OUTPUT);

    digitalWrite(2,LOW);
    digitalWrite(3,LOW);
    digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(6,LOW);
    digitalWrite(7,LOW);
    digitalWrite(8,LOW);
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(10,LOW);
    digitalWrite(11,LOW);
    digitalWrite(12,LOW);
    digitalWrite(13,LOW);
    digitalWrite(A0,LOW);
    digitalWrite(A1,LOW);
    digitalWrite(A2,LOW);
    digitalWrite(A3,LOW);
    digitalWrite(A4,LOW);
    digitalWrite(A5,LOW);

Serial.begin(115200);
}
```

Para el inicio de la programación vamos a inicializar el nº de variables y a desactivar cada uno de los relés.

```
void loop() {
  // Evento entrada Serial
  if (Serial.available()) {
    /* Leemos byte a byte */
    data = Serial.read();
```

A continuación tenemos la entrada de datos que serán enviados por 2 bits de control mas 6 bits de datos.

```
Uno=(128 & data);
Dos=(64 & data);
```

Obtenemos los bits por mascara, haciendo una comparación de bit con el bit que nosotros queremos, aquí obtenemos los primeros bits que componen los bits de control.

```
if(!uno && !dos){
  digitalWrite(2,LOW);
  digitalWrite(3,LOW);
  digitalWrite(4,LOW);
  digitalWrite(5,LOW);
  digitalWrite(6,LOW);
  digitalWrite(7,LOW);
  digitalWrite(8,LOW);
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(10,LOW);
  digitalWrite(11,LOW);
  digitalWrite(12,LOW);
  digitalWrite(13,LOW);
  digitalWrite(A0,LOW);
  digitalWrite(A1,LOW);
  digitalWrite(A2,LOW);
  digitalWrite(A3,LOW);
  digitalWrite(A4,LOW);
  digitalWrite(A5,LOW);
}
```

El primer control que establecemos es tener todos los relés desactivados.

```
//Control 01- 1. Activamos relés 1-6

if(!uno && dos){
  digitalWrite(13,1);
  digitalWrite(2,data & 1);
  digitalWrite(3,data & 2);
  digitalWrite(4,data & 4);
  digitalWrite(5,data & 8);
```

```

digitalWrite(6,data & 16);
digitalWrite(7,data & 32);

}
//Control 10- 2. Activamos relés 7-12
if(unos && !dos){
digitalWrite(13,1);
digitalWrite(8,data & 1);
digitalWrite(9,data & 2);
digitalWrite(10,data & 4);
digitalWrite(11,data & 8);
digitalWrite(12,data & 16);
digitalWrite(A0,data & 32);

}
//Control 11- 3. Activamos relés 13-17
if(unos && dos){
digitalWrite(13,1);
digitalWrite(A1,data & 1);
digitalWrite(A2,data & 2);
digitalWrite(A3,data & 4);
digitalWrite(A4,data & 8);
digitalWrite(A5,data & 16);
}
}
}

```

Y por último tenemos la activación de los relés según podemos observar arriba dependiendo del tipo de bits obtengamos vamos a tener unos valores, y como podemos ver tenemos unas consigas que hacen activar unos relés u otros.

Sabiendo que tenemos 8 lisímetros y en cada estructura hay dos electroválvulas activadas por un rele sería 16 relés y podemos observar que hay un relés de más que sería el número 17 el cual es para la activación del ventilador.

Tenemos que tener en cuenta que en este proyecto está todo realizado para el funcionamiento de 8 lisímetros y por lo tanto la programación está realizada para ello únicamente dependiendo del número de lisímetros que pida el cliente debemos de conectar,

3.5. CONEXIONADOS DE CABLES ENTRE LISÍMETRO Y CUADRO ELÉCTRICO

Aquí vamos a ver una serie de códigos y designaciones en un cuadro las cuales pertenecen al conexionado de cada una de las células de carga las cuales van acompañadas de una enumeración y código que facilita su entendimiento y control en la recogida de datos.

	Célula de carga	Conector lisímetro	Cable lisímetro	Conector cuadro	Cable cuadro	Multiplexor
Célula de carga 1	Rojo (+)	1B	1H	1A	1H	1H
	Negro (-)	5A	1L	1B	1L	1L
	Verde (+)	1A	2H	2A	2H	2H
	Blanco (-)	5B	2L	2B	2L	2L

	Célula de carga	Conector lisímetro	Cable lisímetro	Conector cuadro	Cable cuadro	Multiplexor
Célula de carga 2	Rojo (+)	2B	3H	3A	3H	3H
	Negro (-)	6A	3L	3B	3L	3L
	Verde (+)	2A	4H	4A	4H	4H
	Blanco (-)	6B	4L	4B	4L	4L

	Célula de carga	Conector lisímetro	Cable lisímetro	Conecto cuadro	Cable cuadro	Multiplexor
Célula de carga 3	Rojo (+)	3A	5H	5A	5H	5H
	Negro (-)	7A	5L	5B	5L	5L
	Verde (+)	3A	6H	6A	6H	6H
	Blanco (-)	7B	6L	6B	6L	6L

	Célula de carga	Conector lisímetro	Cable lisímetro	Conector cuadro	Cable cuadro	Multiplexor
Célula de carga 4	Rojo (+)	4B	7H	7A	7H	8H
	Negro (-)	8A	7L	7B	7L	8L
	Verde (+)	4A	8H	8A	8H	7H
	Blanco (-)	8B	8L	8B	8L	7L

Tabla 3.5: conexionado de lisímetro 1

Como podemos observar y lo descrito con anterioridad al principio del apartado vemos el conexionado cable a cable de la célula de carga de cada uno de las estructuras de lisimetría que podemos conectar con nuestro cuadro que a su vez los conectores tienen la misma combinación para que todo cuadre a la perfección.

Conector-cuadro

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H
B	1L	2L	3L	4L	5L	6L	7L	8L

Tabla 3.6: conexión conector-cuadro

Conector-lisímetro

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	2H	4H	6H	8H	1L	3L	5L	7L
B	1H	3H	5H	7H	2L	4L	6L	8L

Tabla 3.7: conexión conector-lisímetro

En estos dos cuadros vemos todas las conexiones que tienen nuestros conectores tanto en cuadro eléctrico como en estructura de lisimetría.

Capítulo 4

PLANOS

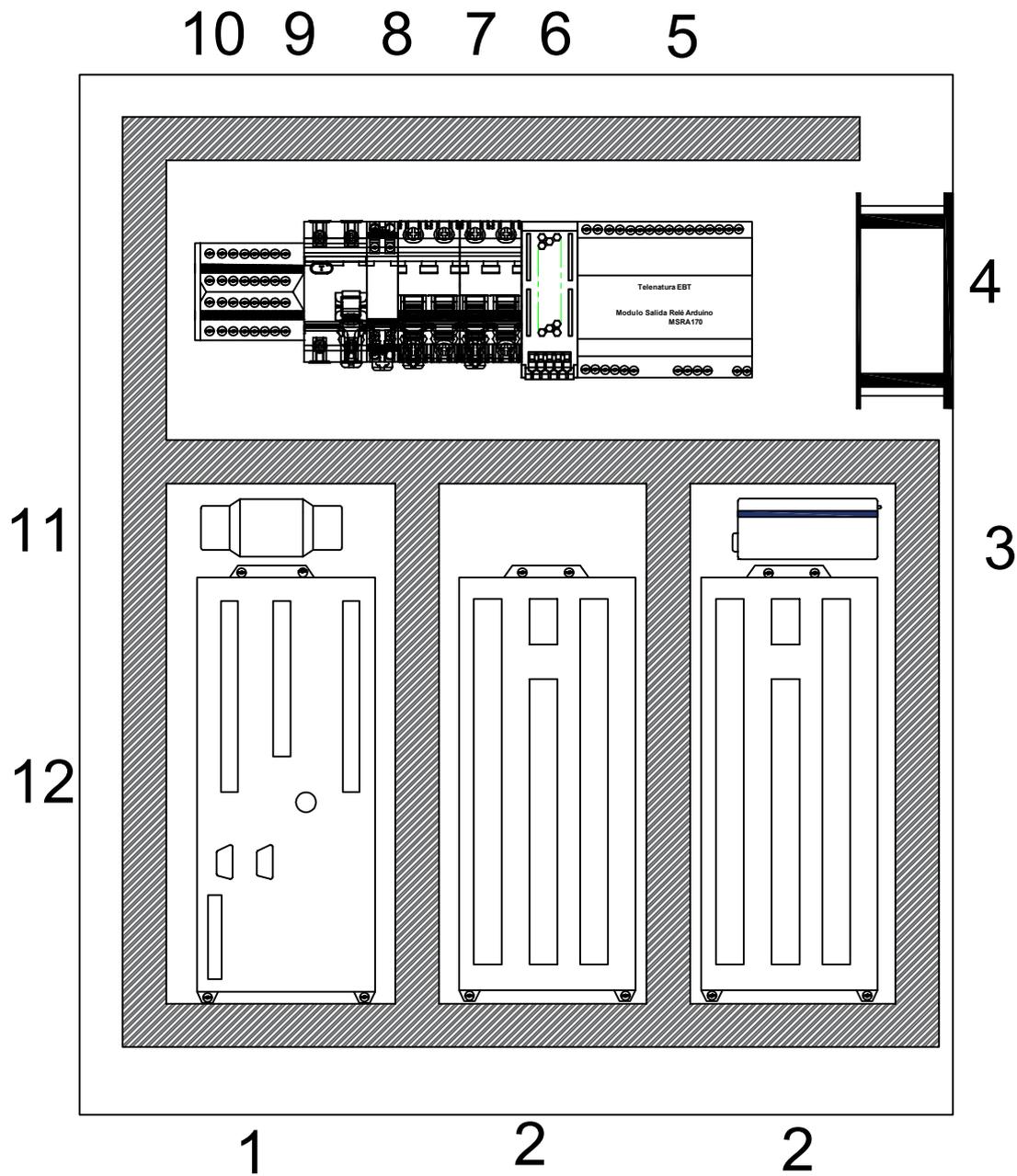
En este capítulo vamos a poder apreciar la distribución del cuadro eléctrico con todos los componentes y las placas de relés de arduino diseñas por nosotros.

4. PLANOS

4.1. PLANOS CUADRO ELÉCTRICO

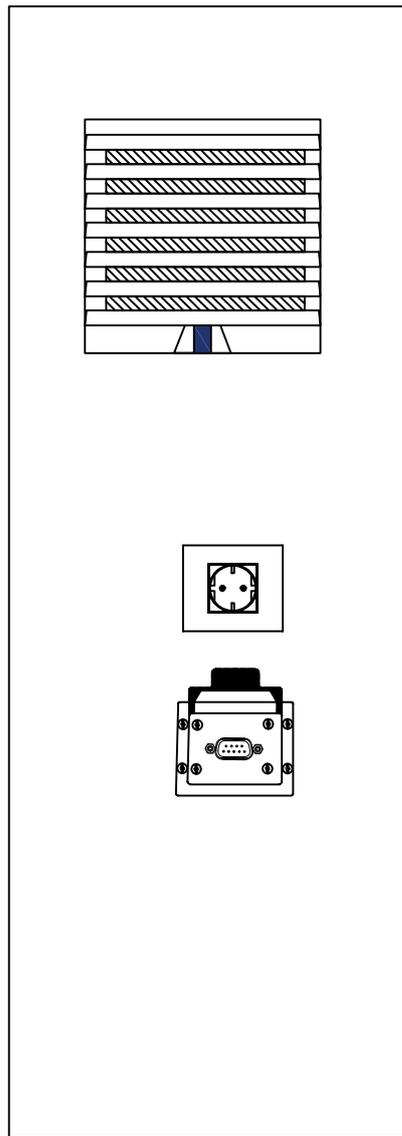
- Plano alzado.
- Plano de perfil izquierdo.
- Plano de perfil derecho
- Plano de planta

Figura4.1-imagen real del cuadro electrico.



- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1-datalogger | 7-interruptor magnetotermico |
| 2-multiplexor | 8-proteccion sobretensiones |
| 3-modem | 9-interruptor diferencial |
| 4-ventilador | 10-bornero |
| 5-modulo réles arduino | 11-adaptador modem-datalogger |
| 6-fuente de alimentación | 12-regleta 2.5x3 cm |

Título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CUADRO ELÉCTRICO DE ADQUISICIÓN DATOS Y CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN DE LISIMETRÍA		N° lamina: 01
Nombre: Jesús González Gómez		
Escala: 1:4	plano: alzado	firma:
Fecha: 23/02/2016		



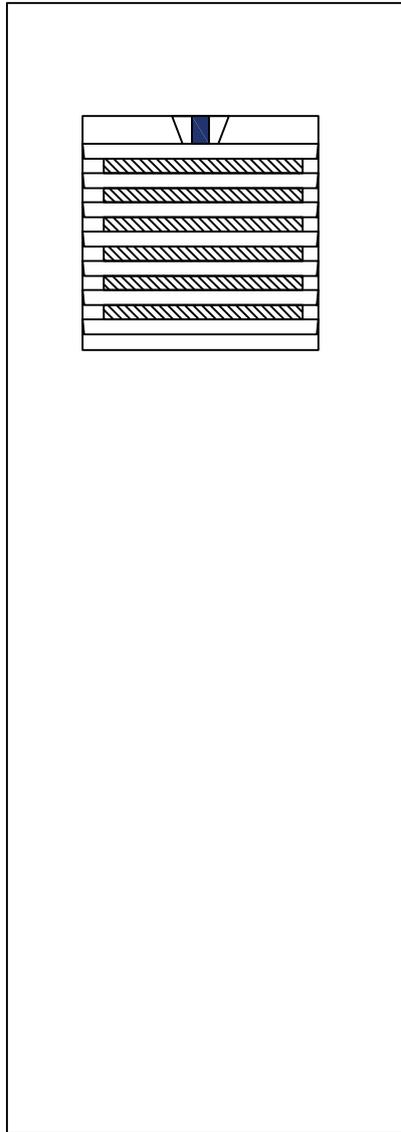
1

2

3

1-rejillas de ventilación
 2-toma de corriente exterior
 3-conexión RS232

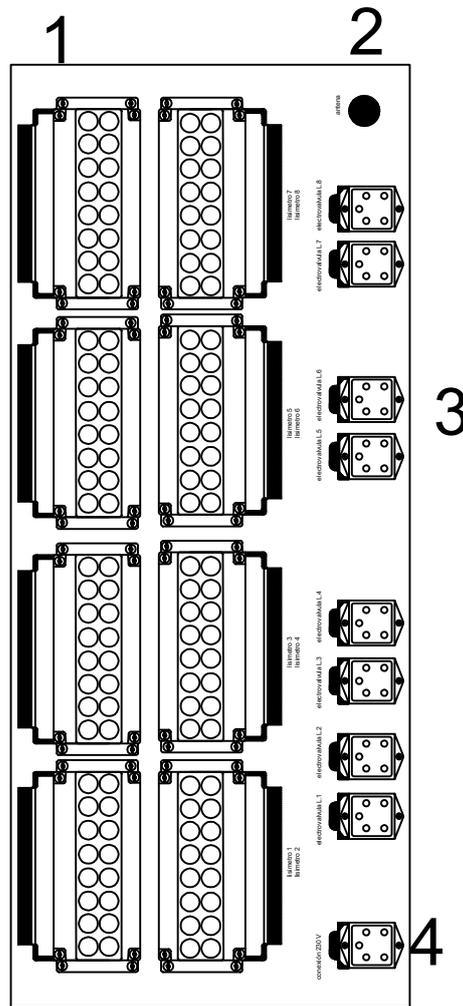
Título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CUADRO ELÉCTRICO DE ADQUISICIÓN DATOS Y CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN DE LISIMETRÍA		N° lamina: 02
Nombre: Jesús González Gómez		
Escala: 1:4	plano: perfil izquierdo	firma:
Fecha: 23/02/2016		



1

1-rejillas de ventilación

Título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CUADRO ELÉCTRICO DE ADQUISICIÓN DATOS Y CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN DE LISIMETRÍA		Nº lamina:
Nombre: Jesús González Gómez		03
Escala: 1:4	plano: perfil derecho	firma:
Fecha: 23/02/2016		



- 1-> conectores sensores
- 2-> antena de modem
- 3->conectores electroválvulas
- 4->conector corriente

Título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CUADRO ELÉCTRICO DE ADQUISICIÓN DATOS Y CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN DE LISIMETRÍA		Nº lamina:
Nombre: Jesús González Gómez		04
Escala: 1:4	plano: planta	firma:
Fecha: 23/02/2016		

Capítulo 5

PRESUPUESTO

En este capítulo calcularemos el precio del cuadro y veremos los diferentes costes tanto de operación como de materiales

5. PRESUPUESTO

5.1. COSTE DE MATERIALES

cod.referencia	REFERENCIA	cantidad	PRECIO Ud(€)	PRECIO TOTAL€)
INTERRUPTOR AUTOMATICO 16A HAGER	SGB6K2B16	1	8,30	8,30
INTERRUPTOR AUTOMATICO 6A HAGER	SGB6K2B06	1	19,10	19,10
INTERRUPTOR DIFERENCIAL 25A HAGER	SGBLC025030	1	17,60	17,60
Zócalos - empotrables - con un mecanismo de cierre	CHI 16 L	8	14,23	113,84
bases - con plaquita intermedia para protección del hilo	CNEF 16 T	8	10,97	87,76
ZOCALO RECTO	CK 03	9	1,46	13,14
Bloques de contactos CK - 10A máx. 250V / 4 kV / 3	CKF 04	8	3,55	28,40
Bloques de contactos CK - 10A máx. 250V / 4 kV / 3	CKF 03	1	3,18	3,18
Zócalos - empotrables - con un mecanismo de cierre y tapa a resorte	CHI O6 LS	1	19,51	19,51
DATALOGGER CAMPBELL SCIENTIFIC	CR1000	1	1497,00	1497,00
MULTIPLEXOR CAMPBELL SCIENTIFIC	AMD16/32B	2	548,00	1096,00
MODEN BANDA BASE	CS-SRM	1	372,00	372,00
TELEFONIA MOVIL	CS-GPRS	1	434,00	434,00
MODULO DE SALIDA DE RELE ARDUINO	MSRA170	1	150,00	150,00
FUENTE DE ALIMENTACION OMROM	S8VK-G03012	1	31,20	31,20
BORNERO GAESTOPA	BD5074	1	11,19	11,19
TORNILLERIA Ø3mm x L 16mm(30 ud.)		1	1,59	1,59
TORNILLERIA Ø4mm x L 16 mm (25 ud.)		1	1,75	1,75
TOMA EMPOTRABLE GAESTOPA	71093	1	3,42	3,42
FILTRO	SK3238	2	22,00	44,00
VENTILADOR 55m3 230AC RITTAL	SK3238.100	1	45,00	45,00
PERFILES CARRIL DIN	F-224A-G	1	1,87	1,87
CAJA CUADRO ELECTRICO MN652 CAHORS	470074	1	177,00	177,00
cable 2,5mm azul (m)		25	0,18	4,50
cable 2,5mm tierra (m)		25	0,18	4,50
cable 2,5mm marron (m)		20	0,18	3,60
cable 2,5mm gris (m)		20	0,18	3,60
canaleta 25x30 mm (m)		2,190	2,30	5,04
cable de red (m)		15	0,47	7,05
	TOTAL NETO			4.205,14€
	21%			883,08 €
	TOTAL			5.088,22 €

Tabla 5.1: Coste material

5.2. COSTE OPERARIOS

Nºoperarios	Horas	Total horas	Precio (h)	Precio total
2	3600	7200		

Tabla 5.2: Coste operarios

Capítulo 6

BIBLIOGRAFIA

A continuación se detallan las referencias bibliográficas utilizadas como apoyo en el presente proyecto.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. LISTADO DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- “Getting Started with Arduino”, Massimo Banzi, Editorial O’Reilly Media/Make, 2008.
- “Instrumentación electrónica para la gestión de recursos hídricos y energéticos”; Dr. Manuel Ferrández-Villena García, Dr. José Miguel Molina Martínez, Dr. Francisco José Ortiz Zaragoza.
- Development of an innovative low cost weighing lysimeter for potted plants: Application in lysimetric stations; L. Ruiz Pelñalve.
- Manual electrotécnico Telesquemario; Schneider electric.
- Representación 8 avanzada de esquemas.
- Esquemas 6 y circuitos básicos.
- Envolventes 1 y cuadros eléctricos.
- AM16/32B Relay Multiplexer; Campbell scientific.
- CR1000 Measurement and Control System; Campbell scientific.
- Manual Curso CR1000 / LoggerNet; Campbell scientific.
- SC105 9-Pin to RS-232-DCE Interface; Campbell scientific.
- Plug and Play Wireless CPU® Fastrack Supreme User Guide; Wavecom.
- Catalogos de material eléctrico, conectores para uso industrial y canales y accesorios de gaestopas.

6.2. LISTADO DE REFERENCIAS A DIRECCIONES URL

Página web de tutoriales de Arduino.

<http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>

Página web de datasheets.

www.alldatasheet.com

Página web de youtube.

<https://www.youtube.com>

Página web de National Instruments.

<http://spain.ni.com/>

Página web de Wikipedia.

<http://es.wikipedia.org>

Página web de Vetek.

<http://veteksa.com>

Página web de Rittal

<http://www.rittal.com>

Página web de Schneider electrical.

<http://www.schneider-electric.com>

Página web omrom

<https://industrial.omron.es>