



AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE UNA EMPACADORA DE MINERAL
(BARITA) EN LA PLANTA COMERCIAL MINERA DE COLOMBIA (CMC), SANTA
MARTA 2014

CARLOS ALBERTO BARROS HERNANDEZ
CAMILA GARI HOOKER

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES
CARTAGENA (BOLÍVAR)
2014



AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE UNA EMPACADORA DE MINERAL
(BARITA) EN LA PLANTA COMERCIAL MINERA DE COLOMBIA (CMC), SANTA
MARTA 2014

CARLOS ALBERTO BARROS HERNANDEZ
CAMILA GARI HOOKER

PROFESORES:
JORGE ELIÉCER DUQUE PARDO MSc.
JOSÉ LUIS VILLA RAMÍREZ PhD.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES
CARTAGENA (BOLÍVAR)
2014

CONTENIDO

1. INTRODUCCION

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

2.2 ESPECIFICO

3. DESCRIPCION Y MODELO DEL PROCESO

3.1 PRINCIPALES USOS

3.2 PROCESO PRODUCTIVO

4. ESTADO ACTUAL DE LA AUTOMATIZACION Y OPORTUNIDAD DE MEJORA

5. ALTERNATIVA DE SOLUCION PROPUESTA

6. ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8. REFERENCIAS

9. ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

Comercial Minera de Colombia S.A.S. es una empresa colombiana dedicada al procesamiento de minerales en diferentes granulometrías, según la necesidad de cada cliente. Ubicada estratégicamente en el departamento de Magdalena, con cercanía al puerto marítimo vía Ciénaga – Santa Marta.

Dentro del proceso productivo de la compañía, se muele y se empaca Barita, el cual es un mineral utilizado para incrementar la densidad de los fluidos de perforación.

El desarrollo de nuestro trabajo, se enfoca en la empacadora de producto terminado de este mineral; en donde se encontró problemas técnicos que afectaban la producción. Dos de estos problemas, son que una de las líneas de empaque estaba fuera de servicio y la otra presentaba problemas en su funcionamiento por contar con un sistema de automatización sin reconocimiento en la industria, por lo que no se encontraba información técnica ni repuestos para este equipo.

2. OBJETIVOS

2.1 . GENERAL

Diseñar un sistema de automatización nuevo para la empacadora de producto terminado Barita en la Compañía Comercial Minera de Colombia S.A.S.

2.2 . ESPECÍFICOS

- Analizar el funcionamiento de la empacadora para poder diseñar una estrategia de control, con elementos adecuados.
- Elegir adecuadamente los elementos que harán parte de la nueva solución de automatización para la empacadora
- Aumentar la capacidad de empaque de la planta
- Disminuir los tiempos perdidos por avería en la línea de empaque que actualmente está en funcionamiento
- Simular el control propuesto y verificar su funcionamiento

3. DESCRIPCIÓN Y MODELO DEL PROCESO

En la planta Comercial Minera de Colombia, es una empresa colombiana dedicada al procesamiento de minerales, la cual se encuentra ubicada estratégicamente cerca al puerto marítimo de Santa Marta.

Dentro de los minerales tratados en la planta se encuentra la Barita. La Barita, del griego baros (pesado), es un mineral de la clase de los sulfatos, utilizado para incrementar la densidad de los fluidos de perforación, usualmente estandarizado a una densidad de 4,20. Se encuentra en la naturaleza como masas cristalinas de color blanco, verdosas, grisáceas o rojizas.

3.1. PRINCIPALES USOS

PETRÓLEO:

Materia prima de lodos de perforación.

El sulfato de bario es un sólido que se adiciona a los fluidos de perforación para incrementar la densidad, con objeto de evitar que el gas, aceite o agua presentes en las formaciones permeables, invadan el barreno; previniendo además el derrumbe de las paredes mediante el control de presión hidrostática de las columnas de fluido que depende de la densidad de la barita adicionada y de la longitud de la columna hidrostática.

QUÍMICA Y MEDICINA:

Los usos del carbonato de bario, se clasifican como sigue:

- Materia prima para la producción de otros compuestos de bario.

- Medio de purificación para la eliminación de todos los sulfatos de soluciones acuosas.
- Fundente en los trabajos cerámicos.
- Ingrediente en la fabricación de vidrios ópticos y cristalería fina.
- Como medio opaco en el examen tracto-gastrointestinal con rayos X.

CONSTRUCCIÓN Y OTROS:

Pinturas

Finamente molida blanqueada y tratada como relleno en pinturas para dar cuerpo al pigmento.

Vidrio

Parcialmente triturada se emplea en los hornos para reducir el punto de fusión del vidrio.

Aplicaciones automotrices

Para sellar el interior de un vehículo (bajo alfombra) evitando ruidos del motor, así como el revestimiento de frenos: cojines, discos y balatas.

Construcción

Producir concretos pesados.

3.2. PROCESO PRODUCTIVO

La materia prima extraída de la cantera, es depositada en una tolva que entrega el producto a una banda transportadora que vierte la roca en una trituradora que reduce su tamaño.

De allí pasa al molino Roller Mill, que además recibe en su interior para retirar la humedad.

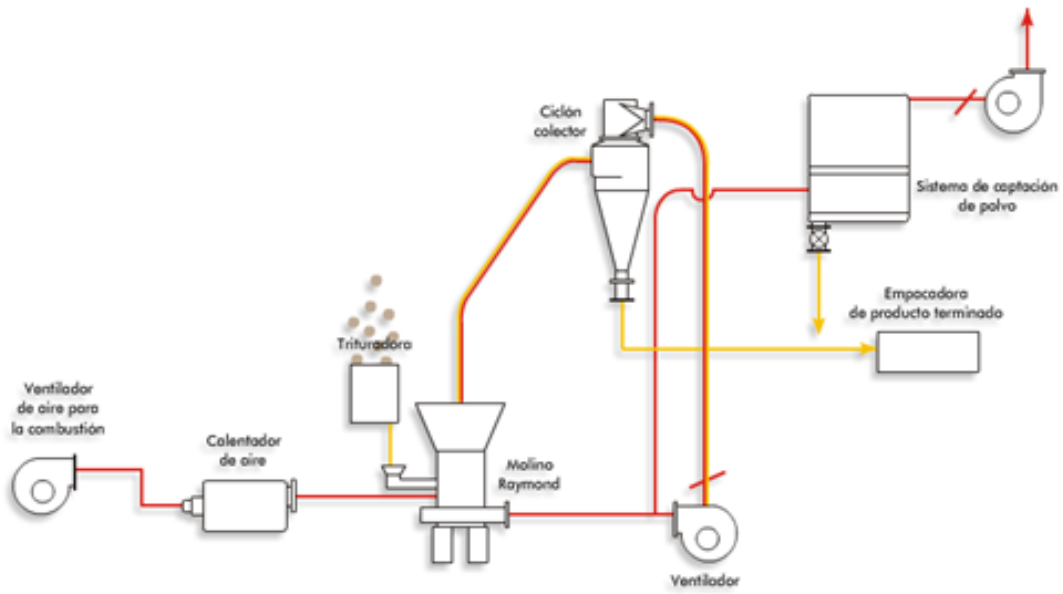
El producto clasificado de acuerdo con el tamaño de partícula deseado, se captura en un ciclón colector, separando los sólidos pulverizados de la corriente de aire.

El aire que sale del ciclón que contiene polvo es pasado a través de un filtro tipo manga, que limpia el aire de cualquier residuo sólido antes de ser liberado a la atmósfera.

El polvo que se captura tanto en el ciclón como en el filtro de mangas, es transportado a través de un tornillo sin fin para ser empacado en una empacadora con control de pesaje.

Nuestro trabajo está enfocado solo a la empacadora de producto terminado, la cual presenta problemas en su funcionamiento que afectan la producción. Algunos de los problemas que presenta es que una de las líneas de empaque está fuera de servicio y la otra presenta problemas en su funcionamiento por contar con un sistema de automatización sin reconocimiento en la industria, por lo que no se encontraba información técnica, ni repuestos para este equipo.

Diagrama del proceso productivo, desde la trituradora hasta empacadora de producto terminado.



4. ESTADO ACTUAL DE LA AUTOMATIZACIÓN Y OPORTUNIDAD DE MEJORA

La maquina empacadora de producto terminado en la empresa Comercial Minera de Colombia (CMC), consta de dos líneas de empaque que están integradas por los siguientes elementos:

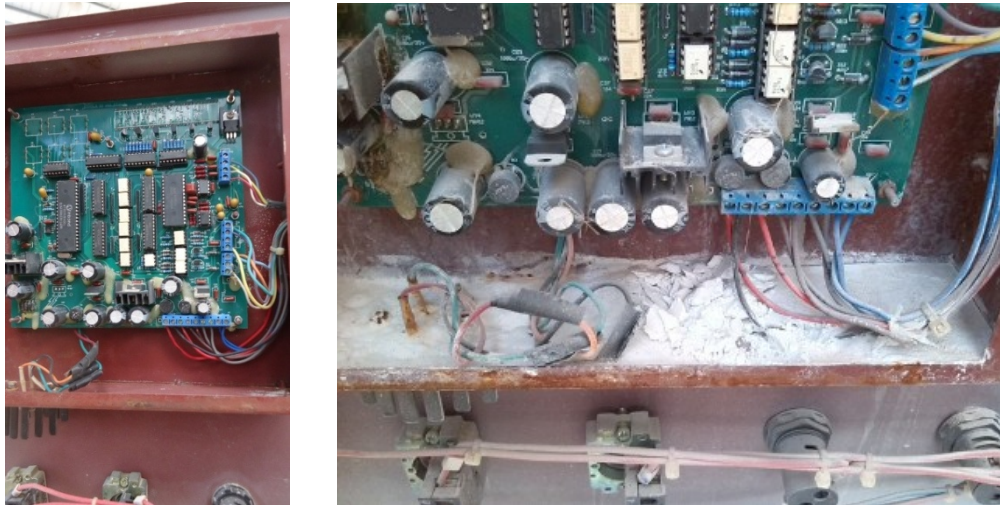
1. Tolva de recibo: Esta tolva recibe el material a empaclar desde un sinfín, que en su otro extremo está conectado al ciclón colector del proceso.



2. Motor para accionamiento de aspas de empaque: La función de este motor es la de accionar las aspas que empujan el material hasta la boca de empaque donde estará ubicado el saco a llenar. El tipo de acople utilizado en este motor es tipo polea-correa.



3. Celda de Carga: Este elemento se encarga de pesar el saco y llevar la señal a la unidad de control para el procesamiento.
4. Unidad de Control: Esta unidad está conformada por una tarjeta electrónica y un indicador de peso, que recibe la señal de la celda de carga y la procesa para tomar acciones de control. La acción de control se encarga de tomar medida del peso del saco durante el llenado. Cuando este alcanza el peso especificado, apaga el motor para evitar que siga empujando material a la boquilla de empaque, luego, impide el paso de material hacia el saco cerrando una válvula y lo libera activando un solenoide. Finalmente el saco cae en una pequeña banda transportadora para su estibado y la maquina queda lista para iniciar un nuevo proceso de llenado.



Fotografías de la tarjeta de control utilizada por la maquina empacadora.

Esta máquina empacadora fue comprada en China y no cuenta con manuales de operación y mantenimiento y sus componentes internos de control y potencia no son comerciales. En la actualidad la maquina presenta problemas puesto que nunca se le ha hecho mantenimiento desde el momento de la compra. Estos problemas se resumen en:

- Una de sus dos líneas de empaque está fuera de servicio por daño en la unidad de control (Tarjeta electrónica)
- La línea de empaque que está en funcionamiento presenta problemas durante el llenado del saco, ya que es imposible calibrar la báscula puesto que no se cuenta con la documentación necesaria para realizar la calibración, y la información mostrada en el equipo está en chino.

Teniendo en cuenta lo problemas expuestos que presenta la maquina empacadora, se hace necesario tomar acciones correctivas que incluirán el cambio del sistema de control por una unidad fácil de manejar para el operador y que permita conseguir repuestos fácilmente en el mercado local.

5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Para lograr la corrección de los problemas que presenta la máquina de empaque de producto terminado en la planta Comercial Minera de Colombia S.A.S., se hace necesario diseñar un sistema de automatización nuevo que sea viable técnica y económicamente y que permita normalizar el proceso de empaque, mejorando así la producción de la planta.

Para lograr el objetivo, y teniendo en cuenta los módulos desarrollados durante la especialización en automatización y control, el grupo de trabajo decidió hacer el nuevo sistema de control con una tarjeta Arduino Mega que sumados a otros elementos fueron adquiridos para desarrollar el tema de manera didáctica y dejarlo como ejemplo en los laboratorios de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

Los elementos que componen el sistema de control desarrollado en este proyecto son:

- **INDICADOR DE PESO DIGITAL LEXUS MATRIX**

Elemento usado muy comúnmente en la industria que requiere de algún tipo de control de peso (asfalto, concreto, industria alimenticia, entre otros).

Este indicador multifuncional de solo peso, es de fácil instalación y configuración por teclado, en carcasa plástica ABS, con puerto serial RS232 con funciones de pesaje de animales, con Peak Hold, Acumulación de pesadas, conteo por muestra, utilizado en el área comercial, industrial y aplicaciones de fuerza.



Dentro de nuestro proceso, este elemento se encargara de recibir la señal de la celda de carga, permitir la visualización del peso al operador y enviar dicha señal a la unidad de control para su procesamiento.

CARACTERISTICAS GENERALES

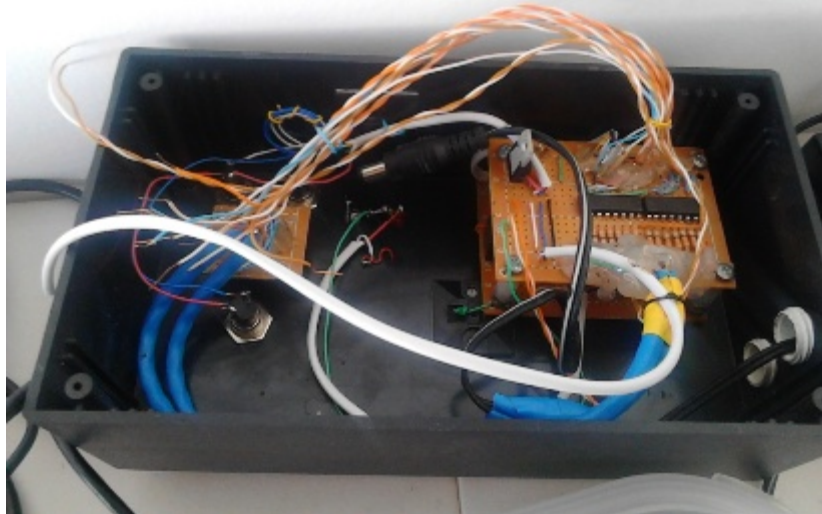
CARACTERISTICAS	MATRIX
Maximo numero de divisiones	10000
Rango de señal de entrada	0 - 3mV
Velocidad de conversion	40 conversiones / s
Numero maximo de celdas de carga	4 de 350 Ohm / 8 de 700 Ohm
Unidades	Kg / lb
Display	6 digitos, 2cm de altura (H), tipo LED rojo
Teclado	7 teclas tipo pulsador
Tara	Sustractiva, 100% (Max)
Temperatura de operación	0 – 40 °C
Maxima humedad	90%, humedad relativa (RH)
Alimentacion indicador	110VAC / 60Hz por cable
Alimentacion celdas de carga	5VDC
Calibracion (Ajuste)	Cero y Span hasta el 100% por teclado
Memorias	NO
Carcasa	ABS, alta resistencia
Bateria	6VDC / 4Ah, recargable, 30 horas de autonomia
Adaptador	NO
Interfaces	RS232 (Modo continuo, modo impresion)
Funciones	Pesaje de animales, Peak Hold, Acumulacion manual y automatica, autoapagado, conteo por muestreo.
Peso indicador	1280 g
Dimensiones caja	Ancho (18,5cm), Largo (27,5cm), Alto (18,5cm)

▪ CIRCUITO ELECTRÓNICO DE CONTROL

El circuito electrónico de control aplicado a este proyecto, fue basado en la tarjeta Arduino Mega. El funcionamiento cumple con los requerimientos del proceso original, y de manera visual deja ver el comportamiento de los elementos de la empacadora. Para esto, el circuito de control cuenta con 3 Led's, indicando encendido/apagado de Motor, solenoide y electroválvula, respectivamente.

Así mismo, cuenta con tres pulsadores. Dos de ellos tienen la función de elegir el valor en Kilos con que se llenara el saco (42Kg o 50Kg), y el pulsador restante sirve para iniciar el proceso de llenado. (start)

Adicional a esto, tenemos un indicador (display 7 segmentos doble) quien mostrara el valor en Kilos con que se llenara el saco (set point escogido por el operador).



El circuito de control diseñado y presentado en este proyecto, se comunica vía serial con el Display industrial Matrix. Este Display,

envía al circuito el valor del peso registrado en balanza (peso del saco).

La comunicación serial es acoplada a la tarjeta Arduino a través de un circuito integrado Max232.

La tarjeta Arduino, recibe la señal serial, y acorde con el programa desarrollado dentro de él, procesa la señal haciendo el respectivo control, y finalmente generar unas salidas que deben ser conectadas al Motor, Solenoide y electroválvula que intervienen en la maquina empacadora.

El circuito de control cuenta también con un display 7 segmentos doble, el cual muestra el valor (en Kilos) de set point escogido por el operador y con el cual se llenara el saco de mineral.

A continuación se miraran las características técnicas de los elementos más importantes que fueron usados para desarrollar el circuito de control.

REGULADOR DE VOLTAJE 7805

El 7805 es un regulador de tensión positiva, de tres terminales, V_i voltaje de entrada, V_o voltaje de salida y la pata central la masa o común.

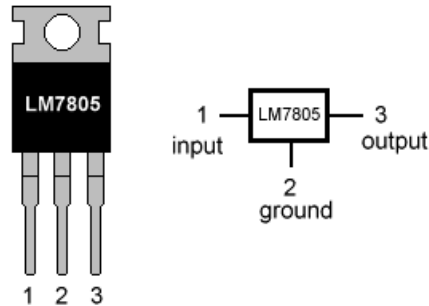
La tensión de salida varía entre 5 y 24 voltios dependiendo del modelo y está especificada por los dos últimos dígitos. Por ejemplo, el 7805 entrega 5V de corriente continua. El encapsulado en el que usualmente es utilizado es el TO220, aunque también se lo encuentra en encapsulados pequeños de montaje superficial y en encapsulados grandes y metálicos (TO3).

El dispositivo posee como protección un limitador de corriente por cortocircuito, y además, otro limitador por temperatura que puede reducir el nivel de corriente. Estos integrados son fabricados por

numerosas compañías, entre las que se encuentran National Semiconductor, Fairchild Semiconductor y STMicroelectronics.

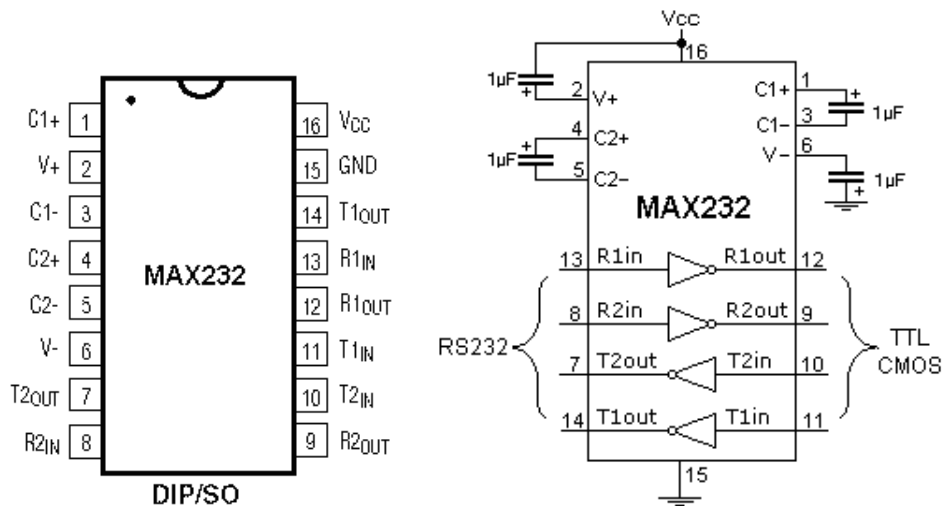
El regulador de voltaje 7805 es el alimentador principal del circuito, el cual convierte el voltaje suministrado a 5 V, lo que lo hace útil para alimentar dispositivos TTL. (Ver DataSheet en Anexos)

LM7805 PINOUT DIAGRAM



MAX232

El Max232 es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. Sólo necesita una alimentación de 5V, ya que genera internamente algunas tensiones que son necesarias para el estándar RS232. Otros integrados que manejan las líneas RS232 requieren dos voltajes, +12V y -12V.



El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de una PC y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS.

El circuito integrado posee dos conversores de nivel TTL a RS232 y otros dos que, a la inversa, convierten de RS232 a TTL.

Estos conversores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS.

TX es la señal de transmisión de datos, RX es la de recepción, y RTS y CTS se utilizan para establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos.

COMUNICACIÓN SERIAL

La comunicación serial es el proceso de envío de datos de un bit por vez, secuencialmente, sobre un canal de comunicación o un bus de computadora. Contrasta con la comunicación paralela, donde todos los bits de cada símbolo (la más pequeña unidad de datos transmitida por vez) son enviados juntos.

Se llama serial, porque los bits se reciben uno detrás de otro o “en serie”. La comunicación RS-232 también es de tipo serial, ya que los bits vienen uno detrás de otro.

La comunicación serial utiliza el protocolo RS-232 y es el más común de los métodos de comunicaciones.

En un extremo del cable de comunicaciones se encuentra un conector llamado DB9 hembra y del otro extremo un conector DB9 macho. Recibe este nombre porque tiene la forma de una D, y el número 9 porque tiene 9 patas o entradas.

La comunicación realizada con el puerto serial es una comunicación asíncrona. Para la sincronización de una comunicación se precisa siempre de un bit adicional a través del cual el emisor y el receptor intercambian la señal del pulso. Pero en la transmisión serial a través

de un cable de dos líneas esto no es posible ya que ambas están ocupadas por los datos y la tierra. Por este motivo se intercalan antes y después de los datos de información de estado según el protocolo RS-232. Esta información es determinada por el emisor y el receptor al estructurar la conexión mediante la correspondiente programación de sus puertos seriales. Esta información puede ser la siguiente:

Bit de inicio.- cuando el receptor detecta el bit de inicio sabe que la transmisión ha comenzado y es a partir de entonces que debe leer la transmisión y entonces debe leer las señales de la línea a distancias concretas de tiempo, en función de la velocidad determinada.

Bit de parada.- indica la finalización de la transmisión de una palabra de datos. El protocolo de transmisión de datos permite 1, 1.5 y 2 bits de parada.

Bit de paridad.- con este bit se pueden descubrir errores en la transmisión.

Se puede dar paridad par o impar. En la paridad par, por ejemplo, la palabra de datos a transmitir se completa con el bit de paridad de manera que el número de bits 1 enviados es par.

DECODIFICADOR 7447

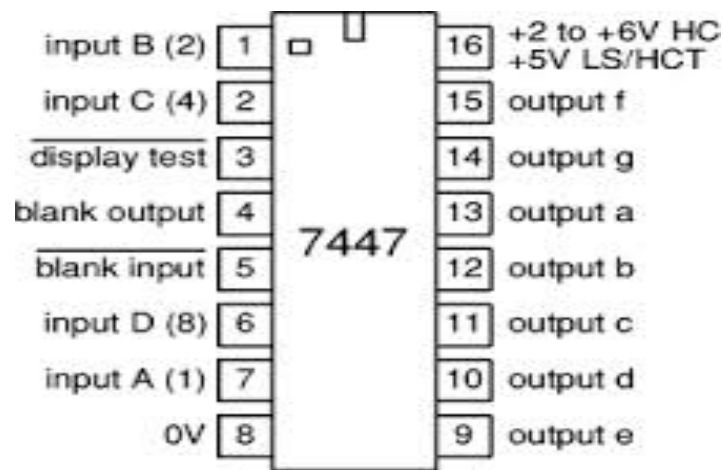
El decodificador 7447 es un circuito integrado que convierte el código binario de entrada en formato BCD a niveles lógicos que permiten activar un display de 7 segmentos de ánodo común en donde la posición de cada barra forma el número decodificado.

Las salidas del circuito hacia los segmentos del display son en colector abierto. Pudiendo de esta manera controlar el display que consuman 40 mA máximo por segmento.

Cuando se aplica un nivel bajo a la entrada LT y la entrada BI/RBO está a nivel alto, se encienden todos los segmentos del display. La

entrada de comprobación se utiliza para verificar que ninguno de los segmentos está fundido.

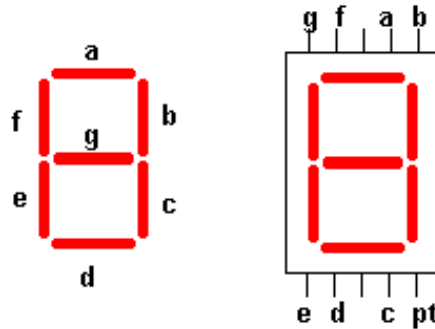
Este decodificador sirve para mostrar salidas decimales a entradas binarias. Las entradas pueden estar dadas por cualquier dispositivo que tenga 4 salidas digitales como un puerto de un PIC o un micro, o utilizando switches para conmutar los unos y ceros como en el ejemplo de circuito propuesto.



DISPLAY 7 SEGMENTOS

El display de 7 segmentos es un componente que se utiliza para la representación de números, es muy utilizado en aplicaciones electrónicas debido a su simplicidad. Está compuesto internamente por una serie de LEDS estratégicamente ubicados de tal forma que forme un número 8.

El display de 7 segmentos más común es el de color rojo, por su facilidad de visualización. Cada elemento del display tiene asignado una letra que identifica su posición en el arreglo del display.



A cada uno de los segmentos que forman el display se les denomina a, b, c, d, e, f y g y están ensamblados de forma que se permita activar cada segmento por separado consiguiendo formar cualquier dígito numérico.

Existen dos tipos de display de 7 segmentos:

- Ánodo común
- Cátodo común

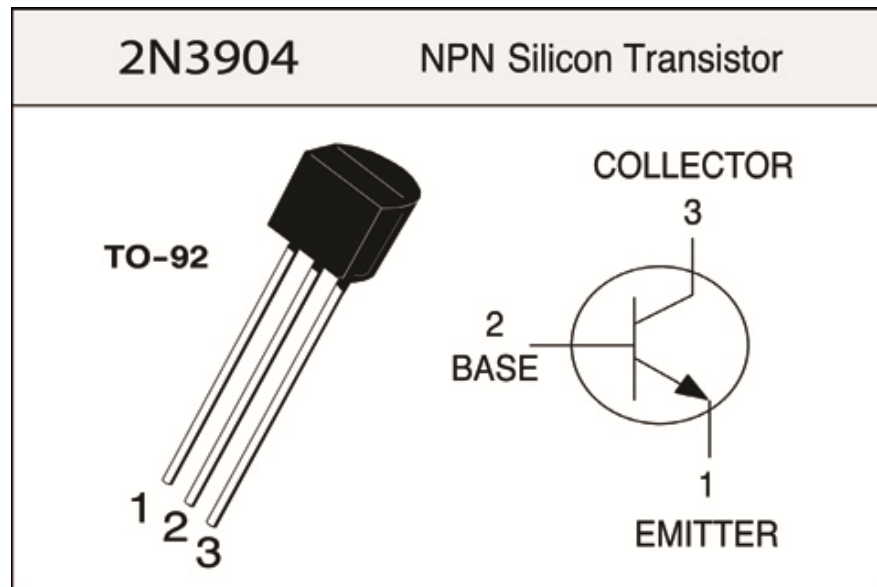
En los displays de tipo ánodo común, como es nuestro caso, todos los ánodos de los LEDs están unidos internamente a una pata común que debe ser conectada a potencial positivo.

Las 2 patas del medio del display se conectan al potencial positivo si se trata de un display de ánodo común y para el caso del cátodo común estas patas serían el ground.

TRANSISTOR 2N3904 TRABAJANDO COMO INTERFACE

Un transistor 2N3904 es un transistor ampliamente utilizado por su versatilidad, de unión bipolar NPN de mediana potencia, destinado para propósito general en amplificación y conmutación, construido con semiconductor silicio en diferentes formatos como TO-92, SOT-

23 y SOT-223. Puede amplificar pequeñas corrientes a tensiones pequeñas o medias y trabajar a frecuencias medianamente altas.



Para nuestro caso, básicamente utilizamos el Transistor 2N3904 con el fin de no conectar la carga directamente a la salida del elemento, de tal forma que se le proteja de una sobre corriente, actuando como interface. En el colector del BJT, se conecta la bobina de un relé quien es quien finalmente manejará la carga.

RELÉ

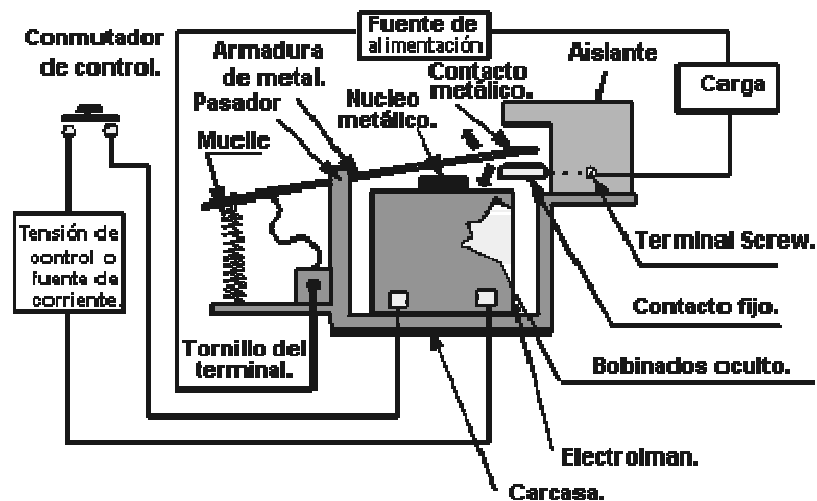
Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. El electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el

interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

Básicamente el relé nos permite controlar una potencia mayor con un consumo en potencia reducido.

Las características generales de cualquier relé son:

- El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
- Adaptación sencilla a la fuente de control.
- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.
- Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por:
 - Alta impedancia en estado abierto.
 - Baja impedancia en estado cerrado.

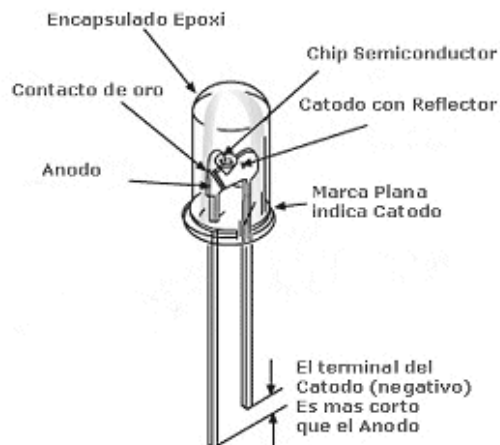


LED

Un led es un componente electrónico cuya función principal es convertir la energía eléctrica en una fuente luminosa, la palabra led proviene del acrónimo inglés Light Emmiting Diode o diodo emisor de luz.

Específicamente un led corresponde a un tipo especial diodo el cual transforma la energía eléctrica en luz, su principio de funcionamiento se basa en la emisión de fotones (luz) cuando los electrones portadores de la electricidad atraviesan el diodo, dicho fenómeno se conoce como electroluminiscencia.

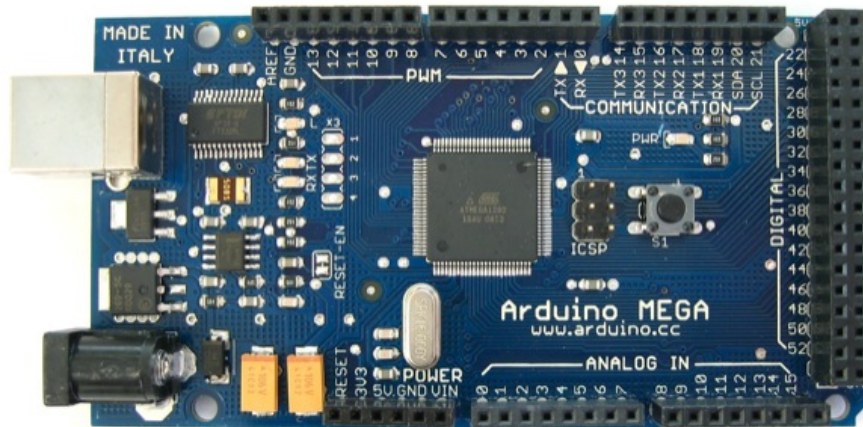
En nuestro proyecto, los Led's simulan el encendido y apagado de los elementos que intervienen en la empacadora (Motor, Solenoide y Válvula).



ARDUINO MEGA

El Arduino Mega es una tarjeta electrónica basada en el Atmega1280. Cuenta con 54 pines digitales de entrada y salida (de los cuales 14 pueden ser utilizados como salidas PWM), 16 entradas

analógicas, 4 UARTs (puertas seriales), un oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el micro controlador; para empezar a trabajar con él, simplemente se conecta a un computador por medio de un cable USB o se alimenta con una batería o adaptador AC-DC. El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los escudos diseñados para el Arduino Duemilanove o Diecimila.



CARACTERÍSTICAS

Microcontrolador:

ATmega1280

Voltaje de funcionamiento:

5V

Voltaje de entrada (recomendado):

7-12V

Voltaje de entrada (límites):

6-20V

Pines Digitales de I / O:

54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)

Pines de entrada analógica:

16

Corriente DC por Pin I / O:

40 mA

Corriente DC de 3.3V Pin:

50 mA

Memoria Flash:

128 KB de las cuales 4 KB usados por bootloader

SRAM:

8 KB

EEPROM:

4 KB

Clock Speed:

16 MHz

COMUNICACIÓN

El Mega Arduino tiene una serie de instalaciones para la comunicación con un ordenador, otro Arduino, u otros

microcontroladores. El ATmega1280 ofrece cuatro UART para comunicación serial TTL (5V). Un FT232RL FTDI en los canales de la tarjeta, uno de estos a través de USB y los drivers FTDI (incluidos con el software de Arduino) proporciona un puerto COM virtual para el software en el ordenador. El software de Arduino incluye un monitor serial que permite enviar datos de texto desde y hacia la placa Arduino. Los Led's RX y TX de la placa parpadearán cuando se esté transmitiendo datos a través del chip FTDI y vía conexión USB al ordenador (pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1).

Una biblioteca SoftwareSerial permite la comunicación serial en cualquiera de los pines Mega's digital.

El ATmega1280 también soporta I2C (TWI) y la comunicación SPI. El software de Arduino incluye una librería Wire para simplificar el uso del bus I2C.

- **CELDA DE CARGA**

Una celda de carga es un transductor utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica. Esta conversión empieza a partir de un dispositivo mecánico, es decir, la fuerza que se desea medir, deforma la galga extensiométrica. Y por medio de medidores de deformación (galgas) obtenemos una señal eléctrica con la cual podemos obtener el valor de la fuerza.

Las celdas de carga convierten la carga que actúa sobre ellos en señales eléctricas. La medición se realiza con pequeños patrones de resistencias que son usados como indicadores de tensión con eficiencia, a los cuales llamamos medidores.

Los medidores están unidos a una viga o elemento estructural que se deforma cuando se aplica peso, a su vez, deformando el indicador de tensión. Cuando se deforma el medidor de deformación la resistencia eléctrica cambia en proporción a la carga.

Esto se logra por medio de un puente Wheastone, el cual se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de “brazos” del puente. Estos están contruidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado. En el caso de las celdas de carga las resistencias son los medidores de deformación.

Existen diferentes tipos de celda de carga, para este proyecto utilizamos la celda de carga tipo S. Esta celda de carga tipo S, puede ser operada en compresión o tensión como se ilustra en los diagramas a continuación.

▪ VÁLVULA SOLENOIDE

La válvula de solenoide o electroválvula es un dispositivo que, a diferencia de una válvula de paso operada en forma manual, funciona gracias a dispositivos electrónicos. Esta característica permite que la misma pueda ser controlada a distancia con un interruptor (que puede ser termostático, de flotador, de baja presión u otros), permitiendo también la automatización, así como también su ubicación en lugares de difícil acceso.

El dispositivo consiste en un solenoide (una bobina con un hilo conductor enrollado que permite la generación de un campo magnético, es decir, un electroimán) y la válvula en sí. El primero crea un campo magnético que atrae a un émbolo móvil construido con materiales ferromagnéticos y así permite abrir la válvula, y el segundo consta de un simple orificio por donde fluirá el líquido.

6. ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA

Luego del diseño e implementación del sistema de automatización de la empacadora de producto terminado (Barita) en la planta Comercial Minera de Colombia, se lograran las siguientes mejoras:

- Mayor rendimiento en la etapa de empaque, ya que se habilitara la segunda línea con el nuevo sistema de control
- Efectividad en el llenado de sacos, ya que se contara con un sistema confiable que garantizara que el saco cuente con el peso indicado en su exterior (42KG o 50KG)
- Disponibilidad 100% de la empacadora, ya que con dos líneas de producción, la maquina siempre estará disponible (solo estará fuera de servicio en caso que las dos líneas fallen)
- Facilidad en la consecución e instalación de repuestos, ya que contara con elementos de fácil consecución los cuales podrán ser comprados y reemplazados con facilidad

Con la implementación del nuevo sistema de control en la planta empacadora, reducimos a la mitad el tiempo que gasta el operador en empacar el producto solicitado por el cliente. Dicho tiempo el técnico-operador puede emplearlo en realizar mantenimiento a la maquina luego de una jornada de empaque.

DATOS ACTUALES DE EMPAQUE

TIEMPOS Y PRECIOS DE EMPAQUE ANTES DE LA AUTOMATIZACION	
CANTIDAD DE PALLETS X DIA (7 HORAS DE TRABAJO)	32 PALLETS
CANTIDAD DE SACOS POR PALLET	42 SACOS
CANTIDAD DE SACOS EMPACADOS EN 1 DIA	1344 SACOS
CANTIDAD DE TONELADAS EMPACADAS POR DIA	67200 TON
MINUTOS EN 7 HORAS	420 MINUTOS
TIEMPO PROMEDIO EN LLENAR 1 SACO	3,2 MINUTOS
PRECIO PROMEDIO DE VENTA DE CADA SACO	\$ 40.000
VALOR DE VENTA POR DIA	\$ 53.760.000

DATOS DE INVERSION REALIZADA

FACTIBILIDAD ECONOMICA PROYECTO AUTOMATIZACION EMPACADORA		
INVERSION	ARDUINO MEGA	\$ 100.000
	ELEMENTOS ELECTRONICOS MENORES	\$ 50.000
	LEXUX MATRIX	\$ 450.000
	PROGRAMACION Y PUESTA EN SERVICIO	\$ 300.000
	TOTAL INVERSION	\$ 900.000

DATOS DESPUES DE IMPLEMENTACION DE LA MEJORA

TIEMPOS Y PRECIOS DE EMPAQUE ANTES DE LA AUTOMATIZACION	
CANTIDAD DE PALLETS X DIA (7 HORAS DE TRABAJO)	64 PALLETS
CANTIDAD DE SACOS POR PALLET	42 SACOS
CANTIDAD DE SACOS EMPACADOS EN 1 DIA	2688 SACOS
CANTIDAD DE TONELADAS EMPACADAS POR DIA	134400 TON
MINUTOS EN 7 HORAS	420 MINUTOS
TIEMPO PROMEDIO EN LLENAR 1 SACO	3,2 MINUTOS
PRECIO PROMEDIO DE VENTA DE CADA SACO	\$ 40.000
VALOR DE VENTA POR DIA	\$ 107.520.000

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de la implementación del nuevo sistema de control, y analizando las cifras reales tomadas en planta, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

- Duplicar la capacidad de producción de producto terminado (sacos de barita) o disminuir en dos los tiempos de operación de la maquina
- Mejorar la confiabilidad de la maquina empacadora
- Disponer de dos líneas de empaque, con lo cual siempre podremos llenar sacos ya que si una falla, la otra está para soportar la producción
- Contar con elementos comerciales y disponibles en el mercado local para futuros cambios por mantenimiento o avería
- Evitar la pérdida de material por sobrellenado de sacos, ya que con el lexus podremos mantener la bascula siempre calibrada
- Disponer de mayor tiempo para mantenimiento de la maquina empacadora, ya que el técnico operador tendrá mayor tiempo disponible para ello.

8. REFERENCIAS

<http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardMega>

<http://5hertz.com/tutoriales/?p=690>

<http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardMega>

<http://es.scribd.com/doc/43220345/Decodificador-7447>

http://www.unicrom.com/Tut_display-7-segmentos.asp

<http://panamahitek.com/arduino-y-el-display-de-7-segmentos/>

<http://www.grupopedia.com/ciencia/tecnologia/que-es-un-transistor-2n3904/>

http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema6/Paginas/Pagina11.htm

<http://materias.fi.uba.ar/6609/docs/Transistor.pdf>

<http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

<http://picrobot.blogspot.com/2009/06/reguladores-de-voltaje-7805.html>

<http://malejandrор.over-blog.es/article-valvula-solenoid---que-para-que-sirve-87608597.html>

9. ANEXOS

9.1. Programa desarrollado para Arduino

```
int start = 22;
int up = 24;
int down = 26;
int valvula = 46;
int solenoide=48;
int motor=45;

int A=30;
int B=31;
int C=32;
int D=33;
int AA=34;
int BB=35;
int CC=36;
int DD=37;
int val = 0;
int sp;

void setup()
{
  pinMode(valvula,OUTPUT);
  pinMode(start,INPUT);
  pinMode(down,INPUT);
  pinMode(up,INPUT);
  pinMode(solenoide,OUTPUT);
  pinMode(A,OUTPUT);
  pinMode(B,OUTPUT);
  pinMode(C,OUTPUT);
  pinMode(D,OUTPUT);
  pinMode(AA,OUTPUT);
  pinMode(BB,OUTPUT);
  pinMode(CC,OUTPUT);
  pinMode(DD,OUTPUT);
  pinMode(motor,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
```

```

void loop(){

inicio:

    delay(5000);

    val = Serial.parseInt();
    Serial.println(val);           //Comunicacion Serial
    delay(20);

    do {
        val = Serial.parseInt();
        Serial.println(val);
        delay(20);
        digitalWrite(valvula,HIGH);
        digitalWrite(solenoide,HIGH);
        digitalWrite(motor,LOW);
    }while (val>50);

    digitalWrite(valvula,LOW);
    digitalWrite(solenoide,LOW);
    digitalWrite(motor,LOW);

inicio2:

    val = Serial.parseInt();
    Serial.println(val);
    delay(20);

    if (digitalRead(up)==HIGH) {
        sp=50;
        digitalWrite(AA,LOW);
        digitalWrite(BB,HIGH);
        digitalWrite(CC,LOW);
        digitalWrite(DD,HIGH);
        digitalWrite(A,LOW);
        digitalWrite(B,LOW);
        digitalWrite(C,LOW);
        digitalWrite(D,LOW);
    }

    if (digitalRead(down)==HIGH) {
        sp=42;
        digitalWrite(AA,LOW);
        digitalWrite(BB,HIGH);
        digitalWrite(CC,LOW);
        digitalWrite(DD,LOW);
        digitalWrite(A,LOW);
        digitalWrite(B,LOW);
        digitalWrite(C,HIGH);
    }
}

```

```
digitalWrite(D,LOW);
}

if (digitalRead(start)==HIGH & (sp==50)){
  goto control50;
}

if (digitalRead(start)==HIGH & (sp==42)){
  goto control42;
}

goto inicio2;

control50:

do {
  val = Serial.parseInt();
  Serial.println(val);
  delay(20);
  digitalWrite(valvula,LOW);
  digitalWrite(solenoid,LOW);
  digitalWrite(motor,HIGH);
}while (val<50);

do {
  val = Serial.parseInt();
  Serial.println(val);
  delay(20);
  digitalWrite(valvula,HIGH);
  digitalWrite(solenoid,HIGH);
  digitalWrite(motor,LOW);
}while (val>50);

delay(2000);
digitalWrite(valvula,LOW);
digitalWrite(solenoid,LOW);
digitalWrite(motor,LOW);

goto inicio2;

control42:

do {
  val = Serial.parseInt();
  Serial.println(val);
  delay(20);
  digitalWrite(valvula,LOW);
  digitalWrite(solenoid,LOW);
  digitalWrite(motor,HIGH);
}while (val<42);

do {
```

```
val = Serial.parseInt();  
Serial.println(val);  
delay(20);  
digitalWrite(valvula,HIGH);  
digitalWrite(solenoide,HIGH);  
digitalWrite(motor,LOW);  
}while (val>42);  
  
delay(2000);  
digitalWrite(valvula,LOW);  
digitalWrite(solenoide,LOW);  
digitalWrite(motor,LOW);  
  
goto inicio2;  
  
}
```

9.2 MANUAL DE LEXUX MATRIX

LEXUS
ELECTRONIC WEIGHING

INDICADOR DE SOLO PESO MATRIX



DESCRIPCION

Indicador multifuncional de solo peso, en carcasa plastica ABS, con puerto serial RS232 con funciones de pesaje de animales, con Peak Hold, Acumulacion de pesadas, conteo por muestra, utilizado en el area comercial, industrial y aplicaciones de fuerza. De facil instalacion y configuracion por teclado.

(Ver. 2 2011/10)

DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES SUJETAS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

CARACTERISTICAS GENERALES

CARACTERISTICAS	MATRIX
Maximo numero de divisiones	10000
Rango de señal de entrada	0 - 3mV
Velocidad de conversión	40 conversiones / s
Numero maximo de celdas de carga	4 de 350 Ohm / 8 de 700 Ohm
Unidades	Kg / lb
Display	6 digitos, 2cm de altura (H), tipo LED rojo
Teclado	7 teclas tipo pulsador
Tara	Sustractiva, 100% (Max)
Temperatura de operación	0 - 40 °C
Maxima humedad	90%, humedad relativa (RH)
Alimentacion Indicador	110VAC / 60Hz por cable
Alimentacion celdas de carga	5VDC
Calibracion (Ajuste)	Cero y Span hasta el 100% por teclado
Memorias	NO
Carcasa	ABS, alta resistencia
Bateria	6VDC / 4Ah, recargable, 30 horas de autonomia
Adaptador	NO
Interfaces	RS232 (Modo continuo, modo impresion)
Funciones	Pesaje de animales, Peak Hold, Acumulacion manual y automatica, autoapagado, conteo por muestreo.
Peso indicador	1280 g
Dimensiones caja	Ancho (18,5cm), Largo (27,5cm), Alto (18,5cm)

CONEXION CELDA

Conector DB9 macho



PIN	FUNCION	PIN	FUNCION
1	Excitación +	6	NC
2	Sense +	7	Señal +
3	GND	8	Señal -
4	Sense -	9	NC
5	Excitación -		

DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES SUJETAS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

DIMENSIONES INDICADOR

