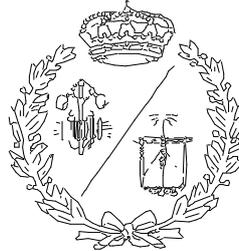


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**Control de posicionamiento de brazo en
máquina excavadora mediante Arduino**

(Control arm positioning of bulldozer by Arduino)

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA
INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA**

Autor: Álvaro Prieto Gutiérrez

Septiembre - 2014

Agradecimientos

Quisiera agradecer a mi familia todo el apoyo recibido tanto en la realización de este proyecto como en todos los cursos del Grado; en especial a mi padre que sin su ayuda e interés no hubiera podido realizar las líneas escritas a continuación.

Además, quería también agradecer el interés y la ayuda recibida del personal del departamento AMRA de la empresa Solvay Química S.L. en Torrelavega.

Por último, mostrar mi agradecimiento a Jesús Arce Hernando por dirigirme éste proyecto.

TÍTULO	Control de posicionamiento de brazo en máquina excavadora mediante Arduino		
AUTOR	Álvaro Prieto Gutiérrez		
DIRECTOR / PONENTE	Jesús A. Arce Hernando		
GRADO EN INGENIERÍA	<i>Electrónica Industrial y Automática</i>	FECHA	16/09/2014

PALABRAS CLAVE

Máquina excavadora, control de altura, Arduino, hidráulica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existen grandes problemas que impiden a los operarios de las máquinas excavadoras trabajar cómodamente.

En el caso de la excavación en túneles, los conductores tienen que estar observando, a la vez que excavan, la altura máxima de la máquina para poder realizar su labor sin chocar el brazo contra la superficie superior.

Además, en la actualidad se realizan excavaciones bajo líneas de alta tensión, las cuales son muy peligrosas ya que tienen riesgo de muerte si son tocadas con alguna maniobra.

Para que estas circunstancias no se hagan realidad y produzcan un accidente o graves daños en la máquina excavadora, se estudia una solución funcional y económica.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto profundiza en la creación de un prototipo que se encarga de la medida y posición, a tiempo real, del brazo de una máquina excavadora, con el fin de que el usuario pueda decidir la altura máxima para que no sea sobrepasada en ningún momento por ningún punto de la máquina.

La medida es recogida por dos tipos de sensores, llamados de medida de longitud por cable y de presencia inductivo, que a su vez se encargarán de enviar los datos de lectura hacia la controladora Arduino.

Los dos sensores de medida de longitud por cable se instalan en los cilindros hidráulicos de *pluma* (primera parte del brazo) y *balancín* (segunda parte del brazo). El sensor de presencia inductivo tiene como objetivo saber si el *implemento* (última parte del brazo) se encuentra abierto o cerrado, ya que varía la altura máxima y además la ecuación en la controladora. Este proyecto tiene como implemento una cuchara aunque con una reprogramación puede añadirse cualquier otro.

La controladora tiene como objetivo leer los datos que son introducidos por las entradas analógicas que dispone y calcular, por medio de unas ecuaciones anteriormente elaboradas, la altura máxima que se encuentra el total del brazo en todo momento.

Para que el proceso de control se complete, se han instalado unos botones con el fin de que el usuario pueda introducir la altura máxima que no quiere sobrepasar. Además de leer los datos de los sensores, el Arduino es capaz de comparar dichos valores entrantes con el valor introducido por el conductor como altura máxima. Cuando los dos datos son iguales, la controladora envía una señal hacia dos actuadores hidráulicos (dos electroválvulas de tres vías) que cortan la acción de pilotaje, impidiendo la ascensión del brazo y solo posibilitando el descenso.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

Como el número de elementos que constituyen el sistema de control es reducido, es posible implementar la acción mediante la controladora Arduino que ha permitido reducir el coste total del proyecto.

Se ha diseñado un sistema capaz de conseguir medidas de los parámetros de la longitud de vástagos hidráulicos y presencia de implemento, mediante sensores para posteriormente introducirlos a la controladora Arduino. Dicha controladora es capaz de ejecutar un código que se encarga, de manera automática, de comparar la medida real con la introducida en el usuario y cortar la ascensión hidráulica del brazo.

Además, se ha introducido un sistema de visualización de los datos mediante una pantalla LCD para que el usuario sepa cuál es el valor de la altura máxima del brazo en tiempo real.

El sistema diseñado cumple con los objetivos fijados para la resolución del problema inicial planteado con un coste de **2.227,38€ IVA incluido**.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

“Manual de programación Arduino, Guía rápida de referencia.” Traducido y adaptado por Jose Manuel Ruiz Gutiérrez. Agosto 2007.

Información técnica de catálogos:

Catálogo DOOSAN, Máquina Excavadora DX210W

Internet:

Excavadoras

<http://www.excavalandia.cat/>
<http://www.osalan.euskadi.net/>

Fluidos

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/>
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>
<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3623/1/tema2RUA.pdf>
<http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/NeumeHidr.pdf>

Arduino

<http://arduino.cc/>
<http://playground.arduino.cc/Es/OSW06>

Sensores

<http://www.celesco.com/stringpots/>
<http://www.unimeasure.com/>
<http://www.trelectronic.com/>
<http://www.pce-iberica.es/>
<http://www.directindustry.es/>
<http://www.sicontrol.com/automti.htm>
<http://www.parker.com/>
<http://www.argo-hytos.com/>
<http://www.festo.com/>

Soporte informático:

Microsoft Word 2010
Microsoft PowerPoint 2010
Microsoft Excel 2010
Arduino 1.0
Autocad 2010
Fritzing 0.9.0

1 INDICE

1.1 Índice general

1 INDICE	3
1.1 Índice general	4
1.2 Índice de figuras	7
2 MEMORIA	8
CAPÍTULO 1: MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	9
1.1 Motivación	9
1.2 Objetivos	9
CAPÍTULO 2: MAQUINAS EXCAVADORAS	11
2.1 ¿Qué es una máquina excavadora y cómo funciona?	11
2.2 Tipos de máquinas excavadoras	11
2.2.1 Máquina cargadora	11
2.2.2 Retroexcavadora	12
2.3 Historia y evolución tecnológica en las excavadoras	13
2.4 Sistemas hidráulicos	15
2.4.1 Introducción	15
2.4.2 Ventajas e inconvenientes	17
2.4.3 Viscosidad	18
2.5 Selección de máquina excavadora	19
2.5.1 Marcas comerciales	19
CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS	22
3.1 Introducción	22
3.2 Adquisición de datos y comunicación	22
3.2.1 ¿Qué es la adquisición de datos?	22
3.2.2 Procedimiento de adquisición de datos	22
3.2.3 Tipos de tarjetas de adquisición de datos	23
3.2.4 Selección de la tarjeta a emplear	24
3.3 Sensores y actuadores	27
3.3.1 Sensores para medida de longitud	27
3.3.2 Sensores de presencia	29
3.3.3 Actuadores empleados	31
3.4 Alimentación eléctrica	33
3.5 Software	35
3.5.1 Lenguaje de programación en Arduino	35
3.5.2 Código del programa	40
3.6 Hardware para instalación de sensores	40
CAPÍTULO 4: NORMAS Y REGLAMENTOS APLICABLES	42
CAPÍTULO 5: MODELO A ESCALA DE LOS ELEMENTOS DE MANDO	43
5.1 Introducción	43
5.2 Motivación	43
5.3 Elementos utilizados	43
5.3.1 Sensor de ultrasonidos	44
5.3.2 Alimentación eléctrica	45

5.4 Imágenes reales	46
5.5 Código software modificado para el modelo a escala	48
3 CÁLCULOS	49
CAPÍTULO 1: OBTENCIÓN DE LA MEDIDA	50
1.1 Introducción a la medida	50
1.2 Antecedentes a la medida	51
1.3 Medida realizada	52
CAPÍTULO 2: CONEXIONES ELÉCTRICAS	56
2.1 Introducción	56
2.2 Estudio de componentes	56
2.2.1 Especificaciones eléctricas de Arduino	56
2.2.2 Especificaciones eléctricas de sensor distancia por cable	56
2.2.3 Especificaciones eléctricas de sensor de proximidad	57
2.2.4 Especificaciones eléctricas de electroválvula y relé activador	57
2.3 Consumo general del sistema	57
2.4 Aislamiento	58
4 ANEXOS	59
Anexo 1. Revista técnica de máquina excavadora DOOSAN DX210w	60
Anexo 2. Datasheet sensor de cable WS12	61
Anexo 3. Detector inductivo XS4P18PA370E1	62
Anexo 4. Aceite hidráulico Cepsa HL46	63
Anexo 5. Electroválvula	64
Anexo 6. Bloque de electroválvula	65
Anexo 7. User Guide HC-SR04 sensor ultrasonido	66
Anexo 8. Código del programa Arduino	67
Anexo 9. Código del programa Arduino Modificado para maqueta	68
Anexo 10. Gráfica Altura/Elongación de cilindro Pluma	69
Anexo 11. Gráfica Altura/Elongación de cilindro Pluma Maqueta	70
Anexo 12. Gráfica Altura/Elongación de cilindro Balancín	71
Anexo 13. Gráfica Altura/Elongación de cilindro Balancín Maqueta	72
5 PLANOS	73
6 PLIEGO DE CONDICIONES	74
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	76
CAPÍTULO 2: CONDICIONES ESPECÍFICAS	76
2.1 Condiciones técnicas	76
2.2 Condiciones de montaje	76
CAPÍTULO 3: CONDICIONES ECONÓMICAS	77
3.1 Acopio y componentes	77
3.2 Pagos	78
3.3 Precios incluidos	78
CAPÍTULO 4: CONDICIONES TÉCNICAS	78
4.1 Prescripciones para los equipos y materiales a suministrar	79

CAPÍTULO 5: NORMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE	79
7 PRESUPUESTO	81
7.1 Introducción	82
7.2 Coste de fabricación del producto	82
7.2.1 Mano de obra directa	82
7.2.2 Materias primas	83
7.2.3 Puesto de trabajo	85
7.3 Coste en fábrica	87
7.3.1 Mano de obra indirecta	87
7.3.2 Gastos generales	87
7.3.3 Gastos sociales	88
7.4 Coste total	89
7.5 Precio de venta	89
8 CONCLUSIONES	91
8.1 Situación actual de desarrollo	92
8.2 Líneas de futuro	93
9 BIBLIOGRAFÍA	94

1.2 Índice de figuras

Figura 1. Máquina cargadora	12
Figura 2. Máquina retroexcavadora	13
Figura 3. Arduino UNO	25
Figura 4. Arduino MEGA 2560	26
Figura 5. Sensor cable genérico	28
Figura 6. Sensor cable ASM WS12	29
Figura 7. Detector inductivo XS4P18PA370E1	30
Figura 8. Electroválvula	32
Figura 9. Bloque	33
Figura 10. Relé de Arduino	33
Figura 11. Convertidor Buck. Esquema	34
Figura 12. Convertidor Buck. Foto modelo	34
Figura 13. Fusible aéreo	35
Figura 14. Botella hidráulica	41
Figura 15. Sensor ultrasonido Arduino HC-SR04	45
Figura 16. Maqueta 1	46
Figura 17. Maqueta 2	46
Figura 18. Maqueta 3	47
Figura 19. Maqueta 4	47
Figura 20. Maqueta 5	48
Figura 21. Pistones hidráulicos instalados en máquina excavadora	50
Figura 22. Foto excavadora taller de medida	52
Figura 23. Esquema cuchara arriba-abajo	53

2 MEMORIA

CAPÍTULO 1: MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Motivación

Las construcciones son y han sido a lo largo del tiempo un referente en nuestra vida. Desde hace mucho tiempo y gracias a la llegada de la tecnología, hemos podido observar diferentes cambios que afectan al funcionamiento de las obras, tanto públicas como privadas.

Un hallazgo muy importante fue la incorporación de la máquina excavadora para la realización de tareas como la construcción de pozos, excavación de zanjas para tuberías o cableado, o la sobre elevación de terreno. Para que estas tareas sean posibles, es necesaria una tecnología puntera y exigente.

Dentro de la excavación hay diferentes necesidades que el conductor de la máquina agradecería para su buen rendimiento de trabajo. En algunos casos existen impedimentos que dificultan los procesos de excavación y hacen más difícil y laborioso el manejo de la máquina excavadora. Además de ser una necesidad del conductor, también repercute directamente con averías por choque con estructuras o construcciones.

Para ello, he visto interesante diseñar un prototipo que sea capaz, de manera autónoma, de poder medir y abortar en la dirección perpendicular al suelo la excavación; para que el brazo excavador no interfiera con elementos que puedan ser dañados, o simplemente para velar por nuestra seguridad. Estos elementos aéreos pueden ser líneas de alta tensión, salientes de edificios, tejados, etc. Por otro lado, también existen muchas dificultades de excavación en túneles subterráneos.

1.2 Objetivos

El objetivo de este proyecto es la creación de un prototipo que se encargará de la medida y posición a tiempo real del brazo de una máquina excavadora, con el fin de que el usuario pueda decidir la altura máxima para que no sea sobrepasada en ningún momento.

Para ello se utilizará una controladora (Arduino) con una pantalla y botonera que indicará la altura máxima permitida para el brazo, anteriormente introducida por el usuario.

Comparando el valor introducido y los valores leídos de los sensores que se colocarán en el brazo, dicho controlador podrá saber la altura máxima que tiene la máquina y mediante un actuador, poder cortar de manera hidráulica el instrumento de mando; de tal manera que no se pueda mover el brazo en dirección ascendente para no sobrepasar la altura introducida en la pantalla.

Este objetivo global se puede dividir en diferentes objetivos parciales del proyecto de fin de grado, que son:

- a. Conseguir medidas de distancia y presencia a partir de sensores.
- b. Conseguir accionar un actuador de corte hidráulico.
- c. Crear un sistema de medición en tiempo real mediante los parámetros anteriormente citados.
- d. Diseñar y desarrollar el software de control por medio de la plataforma Arduino.
- e. Visualizar resultados calculados por medio de una pantalla.
- f. Dar la posibilidad al usuario o conductor de la máquina excavadora de la elección de una altura máxima la cual no podrá ser superada.
- g. Realizar un diseño particular pero fácilmente adaptable a cualquier máquina.

Dicho diseño será implementado de tal manera que tenga el menor coste y la máxima flexibilidad para ser modificado o mejorado con futuras innovaciones.

CAPÍTULO 2: MÁQUINAS EXCAVADORAS

2.1 ¿Qué es una máquina excavadora y cómo funciona?

Se define una máquina excavadora como una máquina autopropulsada que se encarga de realizar ciertos trabajos que el ser humano no podría desarrollar con una labor eficiente, fundamentalmente en trabajos pesados y de gran peligro para su integridad.

Todas las excavadoras están constituidas generalmente por una parte inferior fija sobre la que se asienta y una parte móvil superior con una serie de articulaciones que hacen posibles los movimientos. Dependiendo de su utilidad y el uso para el que esté diseñada, cambiará la configuración y por tanto el tipo de excavadora.

Existen dos tipos de excavadoras. En primer lugar, si se desarrollan trabajos de carga frontal de cuchara se requiere un tipo llamado “Cargadora”. En cambio si la necesidad de trabajo requerida es sobre un nivel inferior o superior a nuestro nivel de apoyo o referencia, es recomendable utilizar la “Retroexcavadora”.

2.2 Tipos de máquinas excavadoras

2.2.1 Máquina cargadora

La excavadora de carga frontal posee un cucharón de carga cubicado para su potencial hidráulico y su configuración articulada. Su diseño de dirección se basa en una articulación central de la máquina que facilita su maniobrabilidad y manejo. Todo este tipo de maquinaria posee cuatro ruedas de neumáticos para su desplazamiento con reductores de traslación en cada rueda para minimizar la velocidad manteniendo el par de potencia suministrado por el motor.

Con relación a la penetración de la carga, estas máquinas están formadas por dos brazos paralelos unidos directamente al cucharón y unas bielas reenvíos, las cuales son capaces de realizar el movimiento de volteo del cucharón. Todos los movimientos son posibles gracias al diseño de sus

cilindros hidráulicos que están dimensionados para soportar el esfuerzo que exige la carga del cucharón.



Figura 1

2.2.2 Retroexcavadora

La retroexcavadora en su parte superior está formada por un sistema de articulaciones entre pluma (articulación unida a la base), balancín (articulación de unión entre pluma e implemento) y cuchara (implemento sustituible). También existe la opción de la pluma articulada para mejorar el campo de trabajo en situaciones que lo requieran. Todos estos elementos existen de diferentes medidas y composiciones, los cuales dan lugar a los distintos modelos que se pueden encontrar en el mercado.

Su diseño está constituido de forma que podamos intercambiar la cuchara por varios tipos de implementos como por ejemplo una cizalla, una pinza, un martillo hidráulico, una cuchara oscilante de limpieza, etc.

Dentro de las retroexcavadoras, existen dos tipos: el lugar de trabajo o exigencia del mismo. Cuando el trabajo a desarrollar requiere mucho movimiento de traslación con cargas de cuchara relativamente ligeras, se opta por la utilización de retroexcavadora con neumáticos que está más indicada para moverse por asfaltos y terrenos firmes. Esta maquinaria generalmente no supera las 22 Toneladas de peso bruto.

En caso de demanda de trabajo en un terreno más blanco o empedrado, generalmente se utiliza retroexcavadora con rueda de oruga. Este tipo de rodaje existe en el mercado de retroexcavadora indistintamente del peso bruto que tengan.



Figura 2

2.3. Historia y evolución tecnológica en las excavadoras

La primera máquina excavadora documentada de la historia fue desarrollada en el siglo XVIII y fue conocida como “la draga flotante”. Esta máquina no fue usada sobre terreno firme, sino sobre agua durante sus comienzos. Su desarrollo marcó el comienzo de la maquinaria avanzada.

La dragadora flotante estaba formada por una cadena conectada a un cucharón que era dirigido por fuerza animal o humana. Al comienzo, obreros ingeniosos usaron hasta el viento para ayudar a levantar barro de la superficie a ser excavada. El dispositivo de draga más antiguo apareció en 1776 y fue usado para el trabajo de excavación en el Puerto de Sunderland en Inglaterra.

Las máquinas dragadoras fueron usadas con regularidad, pero fue su uso sobre la tierra lo que realmente cambió la industria. Un hombre llamado Otis S. William, comprendió claramente las dificultades que surgirían de un proyecto de semejante magnitud y difícil trabajo como este. Para poder rebajar los costos de excavación y poder estar de acuerdo al horario previsto, Otis diseñó una excavadora de cucharón-individual llamada la “Pala Otis” para su empresa contratista, llamada Carmichael & Fairbanks.

Otis utilizó la invención del motor a vapor, que había estado disponible desde el año 1800 y pensó que podría funcionar con un cucharón y un brazo articulado. Montado en las vías férreas sólo para el trabajo en esta área, y consistiendo de un resinero de una yarda cúbica (0.8-m³) y con un balanceo parcial; fue el primer equipo de excavación de tierra en aparecer. Otis patentó su invento en el año 1835, una decisión que mantuvo alejados a otros fabricantes de desarrollar esta valiosa máquina durante más de 40 años.

En 1913, otros fabricantes como Osgood Dredge Co., Vulcan, y Bucyrus Foundry & Manufacturing, produjeron una maquina similar a la Pala Otis. Para este tiempo, las máquinas excavadoras habían alcanzado ya una gran popularidad en el mercado.

Las primeras palas fueron inicialmente hechas para poder montarlas en las vías férreas y tuvieron características similares a la pala creada por Otis. Estos modelos fueron hechos de madera o de acero, usados para soportar la cuchara así como también el brazo de la máquina. La invención de Otis se mantuvo casi igual alrededor de 100 años.

Después de este tiempo, los fabricantes comenzaron a buscar nuevos diseños y a crear nuevas configuraciones para adaptar a la máquina. La excavación era ahora el proceso principal de la construcción. Grandes proyectos fueron realizados, y gracias a la excavadora se completaron en tiempo récord. Uno de los proyectos de mayor magnitud a finales del siglo XIX fue el Canal de Manchester en Inglaterra. En 1887, 58 palas a vapor Ruston y 18 excavadoras clamshell, entre otros tipos de excavadoras, fueron empleados para extraer 54 millones de yardas cúbicas (41 millones m³) de tierra durante el curso de 6 años.

El éxito del uso de vapor en excavadoras condujo a otros tipos de máquinas con propulsión a vapor. Justo después del siglo XVIII, un tractor sobre orugas con propulsión a vapor fue inventado, y fue un éxito con los contratistas de la industria en aquellos tiempos. El tractor sobre orugas hizo su primera aparición en la industria en 1713, producido por Frenchman M. D'Hermand. Éste fue llamado "crawler tread tráiler" que usaba animales como forma de propulsión. En 1770, el artefacto cambió a la propulsión a vapor gracias a Richard Edgeworth. El tractor sobre orugas se convirtió en una maquina después que el inventor Benjamín Holt diseñara una maquina con más ruedas, y eventualmente, con cadenas que permitirían su movimiento sobre superficies suaves.

Este tractor sobre orugas elaborado por Holt fue el mejor modelo bajo la producción de R. Hornsby & Sons, una compañía fabricante con sede en Grantham, Inglaterra. En vez de vapor, el tractor sobre orugas usaba aceite como combustible para generar energía. En muy poco tiempo, el vapor se convirtió en combustible del pasado, mientras más y más fabricantes empezaron a desarrollar máquinas impulsadas por motores a aceite y gas.

El siguiente gran hallazgo histórico en el mundo de los combustibles es el tan conocido petróleo. De dicho componente son extraídos diferentes productos para la

combustión, como pueden ser el Gas-Oil o la Gasolina. Los motores diesel muy pronto se expandieron en la industria del vehículo y poco después fueron incorporándose al mercado de las máquinas excavadoras.

Además del diésel, combustible más utilizado en la actualidad, otro de los inventos más revolucionarios en el siglo XX, fue la hidráulica. Los últimos años del siglo XVIII y la mayoría del XIX, la hidráulica se caracterizó por la acumulación de datos experimentales y por la determinación de factores de corrección para la ecuación de Bernoulli. Se basaron en el concepto de fluido ideal, es decir, no tuvieron en cuenta una propiedad tan importante como es la viscosidad.

En 1885, después de 135 años de la formulación de la ley de Pascal, Joseph Bramah, construyó en Inglaterra la primera prensa hidráulica. Esta primera prensa utilizaba sello de cuero y agua como fluido de trabajo. El accionamiento se realizaba por medio de una bomba manual y no superaba los 10 bares de presión. Sin embargo, la fuerza desarrollada por ella fue algo descomunal e inesperada para el mundo técnico e industrial de entonces.

Inmediatamente siguieron multitud de aplicaciones y como era de esperar(se), se abrió un mercado para el mismo sin precedentes y que superaba las disponibilidades tanto técnicas como financieras de su tiempo.

Actualmente, el uso tanto de las nuevas tecnologías como de la electrónica avanzada, ha mejorado y facilitado el manejo y la comodidad del mercado industrial en general y de las máquinas excavadoras en particular. Los comerciantes de estas máquinas proporcionan un amplio espectro de características y especificaciones cada vez más novedosas, entre las que el comprador puede elegir para cubrir por completo sus necesidades. Entre ellas caben destacar los sistemas de aire acondicionado, reproductores de radio y cd, navegador GPS para el posicionamiento en campo, etc.

2.4. Sistemas hidráulicos

2.4.1 Introducción

Los sistemas hidráulicos son utilizados en las máquinas excavadoras con el fin de transformar el movimiento de pilotaje con el joystick en energía

mecánica, capaz de hacer movimientos con gran fuerza en la cuchara o cualquier implemento utilizado.

Los fundamentos de la hidráulica se basan en dos principios fundamentales de la física, como son:

- Principio de Pascal: Expresa que la presión que ejerce un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

- Principio de Bernoulli: expone que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes: cinética (que es la energía debida a la velocidad que posee el fluido), potencial o gravitacional (que es la energía debido a la altitud del fluido), y una energía que podríamos llamar de "flujo" (que es la energía que un fluido contiene debido a su presión).

En la siguiente ecuación, conocida como "Ecuación de Bernoulli" expresa matemáticamente este concepto:

$$\frac{V^2 * \rho}{2} + P + \rho * g * h = cte$$

Siendo,

V la velocidad del fluido en la sección considerada;

ρ la densidad del fluido;

P es la presión del fluido a lo largo de la línea de flujo;

g la aceleración de la gravedad;

h la altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

Dentro de los sistemas hidráulicos existen diferentes partes que son necesarias para un correcto y coordinado funcionamiento en las máquinas excavadoras:

- Un depósito acumulador del fluido hidráulico;
- Una bomba impulsora, que aspirando el fluido desde el depósito crea el flujo en el circuito hidráulico;
- Válvula de control que permite controlar la dirección de movimiento del fluido;
- Actuador o pistón hidráulico, que puede ser de simple o doble efecto, siendo el elemento que transmite la fuerza final (en el caso de este proyecto, de doble efecto);
- Red de conductos por el que circula el fluido desde la bomba hasta los actuadores y retorna al depósito acumulador;
- Filtros de limpieza del fluido hidráulico;
- Válvula de alivio, que proporciona una salida al sistema en caso de producirse un aumento excesivo de la presión del fluido dentro del circuito;
- Aceite hidráulico, en el mercado existen varios tipos de aceite para aplicaciones hidráulicas, pero en las máquinas excavadoras se utiliza aceite hidráulico de la clase HL ya que se trata de un aceite mineral con propiedades antioxidantes y anticorrosivas.

2.4.2 Ventajas e inconvenientes

A continuación, se exponen algunas ventajas e inconvenientes de los sistemas hidráulicos frente a otros sistemas convencionales de transmisión de potencia:

Ventajas:

- Los sistemas hidráulicos permiten desarrollar elevados ratios de fuerza con el empleo de sistemas muy compactos.
- Permiten la regulación continua de las fuerzas que se transmiten, no existiendo riesgo de calentamiento por sobrecargas.
- Son elementos muy flexibles y que pueden adaptarse a cualquier geometría, gracias a la flexibilidad de los conductos que conducen el aceite hidráulico hasta los actuadores.
- Los actuadores o cilindros hidráulicos son elementos reversibles, que pueden actuar en uno u otro sentido y que además permiten su frenada en marcha. Además son elementos seguros, haciendo posible su enclavamiento en caso de producirse una avería o fuga del fluido hidráulico.

Inconvenientes:

- La baja velocidad de accionamiento de los actuadores o pistones hidráulicos.
- La alta presión de trabajo exige labores de mantenimiento preventivos (vigilancia de posibles fugas en las juntas).
- Sistema no muy limpio, debido a la presencia de aceites o fluidos hidráulicos.
- En general, es un sistema más caro que otros, por ejemplo, los sistemas de aire comprimido o neumáticos.

2.4.3. Viscosidad

Se define la viscosidad como la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales cuando se encuentra en movimiento. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal.

La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento, se ha definido la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica. Generalmente se representa por la letra griega μ .

Se conoce también otra viscosidad, denominada viscosidad cinemática, y se representa por ν . Para calcular la viscosidad cinemática basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

En el SI (Sistema Internacional de Unidades), la unidad física de viscosidad dinámica es el Pascal por segundo (Pa·s), que corresponde exactamente a 1 N·s/m² ó 1 kg/(m·s).

Para el caso de la viscosidad cinemática, ésta es obtenida como cociente de la viscosidad dinámica (o absoluta) y la densidad. La unidad en el SI es el (m²/s). La unidad física de la viscosidad cinemática en el sistema CGS es el stoke (abreviado S o St), cuyo nombre proviene del físico irlandés George Gabriel Stokes (1819-1903).

$$1 \text{ stoke} = 100 \text{ centistokes} = 1 \text{ cm}^2/\text{s} = 0,0001 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

2.5 Selección de máquina excavadora

Como ya he documentado al principio de este capítulo, existen varios tipos de máquina excavadora en el mercado, que se pueden elegir dependiendo la tarea que se necesite llevar a cabo con dicha excavadora.

Este proyecto a pesar de tratarse de un prototipo único para un modelo de máquina en concreto, es aplicable a todas las retroexcavadoras o incluso adaptarse a su uso en una pala cargadora. Para la realización, es necesaria la selección de una excavadora en concreto para el estudio de la instalación de los nuevos componentes.

2.5.1 Marcas comerciales

En primer lugar buscamos las distintas marcas de excavadoras que encontramos en el mercado. Como en todos los productos que se encuentran disponibles para comprar, existen diferentes marcas con distintas prestaciones, modelos, mejoras, etc. que por estrategia de mercado de cada

marca, el valor y calidad de los componentes inciden directamente sobre el valor del producto final.

Existen varias marcas importantes con relación al mercado de las máquinas excavadoras.

LIEBHERR

Industria: Maquinaria para construcción.

Fundada en 1949 con sede en Bulle, Suiza.

Ingresos anuales 8.334 billones de euros (2011)

Empleados 35.333 (2011)

GATERPILLAR

Industria: Maquinaria para construcción, motores y servicios financieros.

Fundada en California, Estados Unidos (15 de abril 1925) con sede en Peoria, Illinois, Estados Unidos.

Ingresos anuales 48.915 billones de euros (2012)

Empleados 125.341 (2012)

KOMATSU

Industria: Maquinaria pesada (construcción y minería).

Fundada el 13 de mayo de 1921 con sede en Tokio, Japón.

Ingresos anuales 1.771,4 billones de euros (2013)

Empleados 46.730 (2013)

VOLVO

Industria: Maquinaria para construcción.

Fundada en 1927 con sede en Gotemburgo, Suecia.

Ingresos anuales 32,84 billones de euros (2012)

Empleados 110000 (2014)



Industria: Maquinaria y motores.

Fundada en 1896 con sede en Seúl, Corea del sur.

Ingresos anuales 15,9 billones de euros (2013)

Empleados 43.000 (2013)

Debido a la mayor accesibilidad a los datos técnicos de maquinaria en todos los modelos y a las prestaciones que presentan, este proyecto de implantación del prototipo va a estar centrado en una retroexcavadora con ruedas de la marca Doosan; modelo DX210W. En el Anexo 1 se encuentra la documentación técnica referida a esta máquina.

CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

3.1 Introducción

En este capítulo y antes de empezar con el diseño, se ha realizado una búsqueda de los componentes, tanto de adquisición de datos y comunicación con la computadora, como de los sensores de proximidad y longitud, con el objetivo de elegir correctamente los que mejor se adapten a nuestros requisitos básicos de construcción en la máquina excavadora, basados en el cumplimiento de las distintas normas UNE que dictaminan la seguridad de las máquinas excavadoras, a la vez que seguimos un criterio económico y de fácil readaptación a cualquier modelo.

3.2 Adquisición de datos y comunicación

3.2.1 ¿Qué es la adquisición de datos?

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecúa la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

3.2.2 Procedimiento de adquisición de datos

La adquisición de datos se inicia con el fenómeno físico del componente que se desea medir. Esta propiedad física o fenómeno podría ser el cambio de temperatura, la intensidad del cambio de una fuente de luz, la presión dentro de una cámara, la fuerza aplicada a un objeto, o muchas otras cosas. Para poder medir todos estos numerosos fenómenos, y muchos más, disponemos de los sensores.

Para que el DAQ pueda realizar la medición correctamente, las señales que transmiten pueden ser tanto digitales (llamadas señales todo/nada) o analógicas en función del transductor utilizado. El acondicionamiento de señales suele ser necesario si la señal desde el transductor no es adecuado para la DAQ que se utiliza. La señal puede ser amplificada o des amplificada, puede requerir de filtrado, etc. Este tratamiento de señal normalmente lo realiza un pequeño módulo acoplado al transductor.

DAQ son por lo general las interfaces entre la señal y un PC. Podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la computadora de los puertos paralelo, serie, USB o ranuras de las tarjetas conectadas a PCI en la placa base.

3.2.3 Tipos de tarjetas de adquisición de datos

Existe una gran variedad de fabricantes de DAQ. Para el proyecto que nos concierne, necesitamos tarjetas de adquisición de datos de bajo perfil y bajo coste, además de la necesidad de ser autónomas para prescindir de ordenador. Por esta razón de autonomía, se realiza la búsqueda de un PLC.

Los dispositivos PLC (Programmable Logic Controller) son controladores lógicos programables que están cada día siendo más utilizados en la automatización industrial por sus amplias posibilidades de manejo.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quieren secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación. Es decir, a través de los dispositivos de entrada, formados por sensores, se logran captar los estímulos del exterior que son procesados por la lógica digital programada para tal secuencia de proceso, que a su vez envía respuestas a través de los dispositivos de salidas o actuadores.

Al igual que las DAQ, existe un amplio mercado de PLC. Entre los principales fabricantes de PLC podemos encontrar ABB, Allen-Bradley, Omron, Rockwell, SIEMENS, etc.

3.2.4 Selección de la tarjeta a emplear

Tras observar las alternativas existentes utilizadas para la ejecución de este proyecto y con el fin de controlar de manera autónoma y automática, se ha optado por utilizar la placa controladora Arduino.

Esta placa además de ser autónoma porque puede realizar cálculos por sí misma, tiene un bajo coste, una gran flexibilidad y una amplitud de componentes existentes, al igual que un gran número de conexiones que le hacen flexible para cualquier utilización automática; además de ser open-hardware.

Después de que sea Arduino la placa elegida para la realización de la medida en la máquina excavadora por medio de los sensores, vamos a elegir el modelo de placa que más se adapte a nuestras necesidades.

Arduino UNO

El Arduino UNO es una placa basada en el microprocesador Atmega328. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida digitales (de los cuales 6 pueden ser utilizados como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para hacer funcionar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB, o alimentarla con un adaptador o una batería para comenzar a trabajar con él.

A continuación, se pueden ver las especificaciones técnicas de la placa.

✓ Microcontrolador	ATmega368
✓ Tensión de funcionamiento	5V
✓ Tensión de entrada (recomendado)	7-12V
✓ Tensión de entrada (límite)	6-20V
✓ Pines E/S digitales	14 (6 salida PWM)
✓ Pines de entrada analógica	6

✓ Intensidad por pin	40mA
✓ Intensidad en pin 3.3V	50mA
✓ Memoria Flash	32KB
✓ SRAM	2KB
✓ EEPROM	1KB
✓ Velocidad de reloj	16MHz

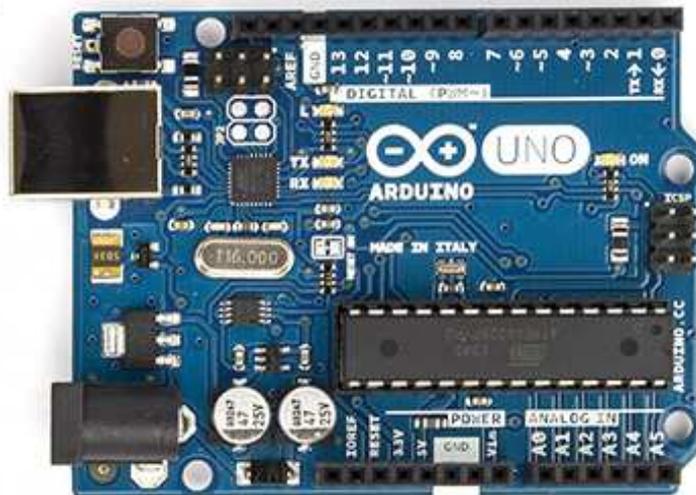


Figura 3

Arduino MEGA 2560

El Arduino Mega 2560 es una placa basada en el microprocesador Atmega2560. Lleva 54 entradas/salidas digitales (de los cuales 15 pueden utilizarse para salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertas seriales), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para hacer funcionar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB, o alimentarle con un adaptador o una batería.

A continuación, se pueden ver las especificaciones técnicas de la placa.

✓ Microcontrolador	ATmega2560
✓ Tensión de funcionamiento	5V
✓ Tensión de entrada (recomendado)	7-12V
✓ Tensión de entrada (límite)	6-20V
✓ Pines E/S digitales	54 (15 salida PWM)
✓ Pines de entrada analógica	16
✓ Intensidad por pin	40mA
✓ Intensidad en pin 3.3V	50mA
✓ Memoria Flash	256KB
✓ SRAM	8KB
✓ EEPROM	4KB
✓ Velocidad de reloj	16MHz

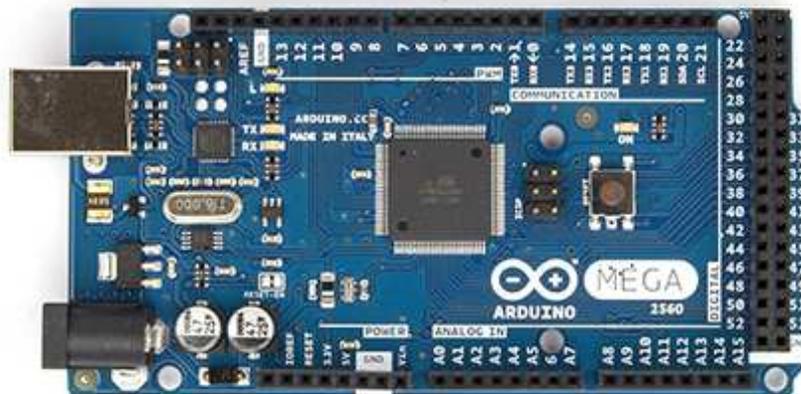


Figura 4

Viendo las características anteriores, optamos por elegir la placa Arduino MEGA 2560 ya que dispone de un mayor número de entradas por las cuales introducir tanto el conjunto de pantalla y botonera, como las diferentes entradas de los sensores que se encargarán de realizar la medida. Además, quedan salidas libres para poder controlar la acción de la electroválvula que será la encargada de cortar la hidráulica en el circuito de pilotaje de la máquina excavadora. Con relación al hardware, la placa Arduino MEGA 2560 dispone de una memoria RAM mayor que su antecesora lo que mejorará la fluidez de cálculo y operación.

3.3 Sensores y actuadores

Un sensor es un dispositivo que convierte una propiedad física o fenómeno en una señal eléctrica correspondiente que es capaz de ser medida, como puede ser la tensión o la corriente. La capacidad de un sistema de adquisición de datos para medir los distintos fenómenos depende de los transductores para convertir las señales de los fenómenos físicos mensurables en la adquisición de datos por hardware. Transductores son sinónimo de sensores en sistemas de adquisición de datos, también llamados DAQ.

3.3.1 Sensores para medida de longitud

En el mercado existen varios tipos de sensores que se encargan de transformar a valores eléctricos las distancias de longitud medidas linealmente. En este sub-apartado podremos ver los sensores de longitud existentes que más se ajustan a este proyecto. Como se puede observar en el apartado de Cálculos, elegiremos un sensor de longitud con un rango capaz de situarse entre 240mm de mínimo y 1500mm de máximo para la elongación de los pistones.

Uno de los sensores más robustos que existen en la medida de distancias lineales es el sensor de distancia por cable. El sistema de montaje es sencillo, basta con fijar el sensor de distancia a la superficie de medida y anclar el extremo del cable a la superficie móvil. Este movimiento de extensión y contracción provocada en el cable de medida, genera un cambio en la señal de salida, proporcional a la distancia recorrida por el cable. Los rangos de medida parten de 50mm y pueden llegar a los 60000mm dependiendo del modelo de sensor escogido y del fabricante, con diferentes tipos de salida, analógica y digital.

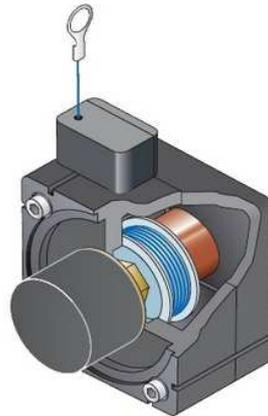


Figura 5

Una marca importante de sensores que comercializa los transductores de cable es ASM. En esta marca, nos tendríamos que amoldar al modelo WS12 debido a que el rango de medida del WS10, que es el modelo anterior al citado, se queda escaso para nuestra aplicación, ya que alcanza un máximo de 1250mm frente a los 1500mm que necesita el proyecto.

Dicho sensor tiene un rango de medida de 0 a 3 metros de máximo y se adapta perfectamente con una salida analógica que se puede configurar para ser analógica de 0-10V, en corriente de 4-20mA, potenciómetro o se puede configurar también con salida digital SSI (synchronous serial output). Incorpora una protección IP67 ideal para la colocación en los ambientes que la máquina excavadora podrá trabajar. Además existe una serie con las mismas características EX por si la retroexcavadora trabajaría en ambientes con alto riesgo de explosión.

La orden de pedido nos obliga a rellenar un código para adaptar nuestro transductor a la aplicación deseada, por tanto se elegiría el siguiente:

WS12 – 1500 – R1K – L10 – SB0 – M12

Orden completada con las siguientes especificaciones:

WS12 – Nombre del modelo del sensor

1500 – Rango de medida en mm

R1K – Tipo de señal de salida: Potenciómetro de 1k Ω

L10 – Linealidad del $\pm 0.10\%$

SB0 – Tipo de cable (Cable clip)

M12 – Tipo de conexión (8 pin socket M12)

En el Anexo 2 se podrá ver la hoja de características técnicas de dicho sensor.



Figura 6

3.3.2 Sensores de presencia

Una vez escogido el sensor de distancia, vamos a ver las posibilidades que existen en los sensores para detectar la presencia de la cuchara, que serán utilizados para saber si la cuchara se encuentra situada en su posición superior o inferior (abierta o cerrada) y así con este dato y la medida de elongación del vástago, el controlador será capaz de saber la posición de cada articulación en tiempo real y por tanto la altura total.

Existen varios tipos de sensores para detectar presencia de un objeto en la industria. Los más conocidos son los sensores inductivos y capacitivos. Estos sensores se caracterizan por dar una señal de tipo todo o nada (digital o analógica) cada vez que detectan un objeto.

Los sensores capacitivos tienen la peculiaridad de que reaccionan ante la percepción de metales o no metales. Al contrario pasa con los inductivos que solo detecta en su extremo el paso de metales.

El mayor inconveniente que caracteriza a este tipo de sensor es que son necesarias unas distancias muy pequeñas entre el objeto a detectar y el sensor para ser reconocidos. Dicha distancia en el mejor de los casos puede ser de 10mm.

Los sensores inductivos son un tipo de sensores de presencia que sirven para la detección de metales ferrosos. Tienen una importante utilización en la industria actual, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos.

El funcionamiento está basado en una corriente que circula a través de un hilo conductor, la cual genera un campo magnético que está asociado a ella gracias a un devanado interno. Cuando un metal férrico es acercado a dicho campo magnético generado, éste es detectado.

Dentro de los innumerables fabricantes de sensores de proximidad, para este proyecto se van a usar los sensores de la marca Schneider Electric con número de modelo XS4P18PA370E1.



Figura 7

Se trata de un sensor con una salida de medición de 4 a 20 mA que será adaptada con una resistencia en uno de los cables de 250 ohm para introducir un rango de medida legible por la plataforma Arduino de 1 a 5V. Incorpora protección IP68 para su instalación en exterior y puede detectar a un máximo de 8mm de distancia con la cabeza del sensor. En el Anexo 3 se encuentra la hoja de características técnicas de dicho sensor.

3.3.3 Actuadores empleados

Para que el control de altura sea realizado correctamente es necesario, además de los sensores, los actuadores. En este proyecto se optará por un actuador que será capaz de cortar el circuito hidráulico de pilotaje, es decir, el joystick de mando que hace posible la ascensión del conjunto pluma-balancín-cuchara.

Para ello se extraen de las especificaciones técnicas del Anexo 1 y los datos relacionados con dicho conducto, así como las especificaciones del aceite hidráulico utilizado, correspondiente a la documentación adjuntada en el Anexo 4, necesarios para elegir la electroválvula hidráulica correcta.

Descripción	Valor
Bomba rotativa de engranajes	27,4 l/min
Presión de la válvula de seguridad	40,8 kgf/cm ²
Cilindrada	10,8 cm ³ /rev.
Viscosidad de aceite HL46 (40°C)	46 cSt = 46 mm ² /s

Se opta por una electroválvula del fabricante alemán ARGO HYTOS modelo PD2E, cuya hoja de características técnicas se encuentra en el Anexo 5, y con su cuerpo SB, adjuntándose la hoja de características técnicas en el Anexo 6. Se trata de un conjunto de electroválvula y bloque que conjuga a la perfección en este proyecto. La tensión de trabajo es de 12V, IP67 y elegiremos los conectores de ¼ para el bloque. A continuación se podrá ver el código que será ordenado al distribuidor para cada pieza.

Para la electroválvula:

PD2E 1 – Y – 3 / 2 D21 12 E3 V

Orden completada con las siguientes especificaciones:

PD2E – Nombre del modelo

1 – Tipo de construcción

- Y – Cavidad de la válvula (D17 mm ó 0.669 in)
- 3 – Número de vías o conexiones
- 2 – Número de posiciones
- D21 – Configuración de la válvula
- 12 – Tensión nominal de funcionamiento a 12 voltios
- E3 – Incorpora AMP-Junior-Timer-connector
- V – FPM

En la siguiente figura se muestra una imagen real de la válvula.



Figura 8

Por otro lado, la válvula anterior tiene que ir introducida a un bloque para poder conectar los racores de la tubería hidráulica y poder interrumpir el flujo de aceite. Para el bloque se ha de completar la siguiente orden de pedido.

SB – A 3 – 01 01 AL

- SB** – Screw in Cartridge, Body (Atornillable en el bloque)
- A** – Forma del bloque (3/4-16 UNF – 2B)
- 3** – Número de vías
- 01** – Configuración del bloque
- 01** – Tamaño de conexión de racorería (G1/4)
- AL** – Material del bloque (Aluminio)

En la siguiente figura se muestra una imagen real del bloque de la válvula.

**Figura 9**

Para poder conectar ésta electroválvula, es necesario un relé encargado de la conexión o desconexión de la alimentación por medio de una señal que será enviada por el controlador. Se elige un relé puesto que Arduino no soporta una señal de salida digital superior a 50mA (máximo).

El relé es específico para el controlador, con una corriente de contacto de 10A y capaz de conectar una carga de 10A en 30V, es decir, 300W que es una potencia superior a la electroválvula con lo que está elegido de manera sobredimensionada.

**Figura 10**

Además, será necesario también dos latiguillos hidráulicos por electroválvula para la nueva instalación hidráulica de diámetro 1/4. Es decir, un total de 4 latiguillos ya que una electroválvula será la encargada del corte de la elevación de la pluma y otra electroválvula será la encargada del corte del cilindro hidráulico del balancín.

3.4 Alimentación eléctrica

El sistema de baterías de la propia máquina utiliza dos unidades de 12V en serie proporcionando un total de 24V. Para cargar dichas baterías, se utiliza un alternador de 24V

que será puesto en marcha a la vez que la máquina está trabajando; por tanto, siempre que el brazo de la excavadora esté en movimiento, el alternador se encuentra en funcionamiento y siempre producirá la intensidad necesaria para cargar dichas baterías.

Se va a elegir un convertidor DC reductor (BUCK) que se encarga de convertir la tensión de 24V de las dos baterías en serie a 12V; en lugar de extraer los 12V de una única batería.

Debido a la experiencia en el mantenimiento, si se conectan los 12V necesarios únicamente a los bornes de una batería, terminaría deteriorándola y disminuiría la vida útil de una batería más que de la otra. Con el convertidor se consigue que extraiga la tensión de las dos baterías al mismo tiempo y ese problema desaparece.

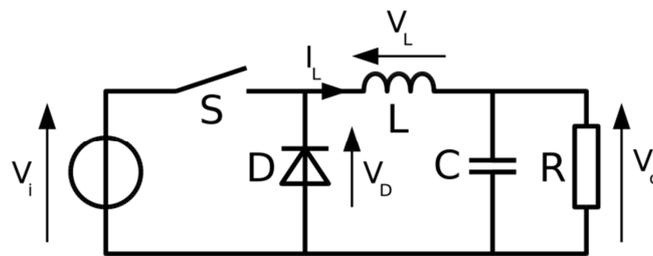


Figura 11

Por tanto, se elige un convertidor reductor del mercado con una tensión de entrada entre 17 y 35V como máximo, y con salida de 12V y una corriente de 5A de valor máximo.



Figura 12

Además, se añadirá un fusible aéreo de 2A para la protección del controlador y los elementos conectados a la tensión V_{in} tal y como se justifica en el apartado Cálculos.



Figura 13

3.5 Software

Para la realización de este proyecto, es necesaria una controladora que sea capaz de leer los datos recibidos de los sensores. Aparte de eso, a dicha controladora se le introducirán por medio de una pantalla y una botonera un valor de altura elegido por el usuario para que cuando el conjunto pluma-balancín-cuchara llegue a dicho valor, se mande una señal eléctrica que corte el pilotaje hidráulico.

Para que la controladora Arduino sea capaz de saber que entradas necesita leer o escribir para la tarea encomendada y para que el proyecto sea ejecutado, es necesario un software para introducir a Arduino, el cual será grabado en su memoria para que exista una autonomía total. Cuando el sistema sea cambiado de máquina, será necesario volver a conectar la controladora al ordenador con el fin de reprogramarla con nuevas instrucciones.

3.5.1 Lenguaje de programación en Arduino

Definición

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser entendidos y ejecutados por máquinas como las computadoras. Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana.

Está formado por un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de

sus elementos y expresiones. Al proceso por el cual se escribe, se prueba, se depura, se compila (de ser necesario) y se mantiene el código fuente de un programa informático, se le llama programación.

Lenguaje propio de Arduino

La plataforma Arduino se programa mediante el uso de un lenguaje propio basado en el lenguaje de programación de alto nivel llamado Processing. Sin embargo, es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino, debido a que esta controladora usa la transmisión serie de datos soportados por los lenguajes más comunes de programación.

Para las aplicaciones que no soporten el formato serie de forma nativa, es posible utilizar software intermediario que traduzca los mensajes enviados por ambas partes para permitir una comunicación fluida. En este caso, la controladora Arduino trabajaría como un instrumento de adquisición de datos y estos datos serían transformados para poder ser interpretados por otros programas como MATLAB, LabVIEW o Java.

El lenguaje Arduino está basado en C y soporta todas las funciones del estándar C y algunas de C++. En las siguientes líneas se muestra un resumen con la estructura y sintaxis del lenguaje Arduino y las funciones más básicas:

Sintaxis Básica

- Delimitadores: ;, {}
- Comentarios: //, /* */
- Cabeceras: #define, #include
- Operadores aritméticos: +, -, *, /, %
- Asignación: =
- Operadores de comparación: ==, !=, <, >, <=, >=
- Operadores Booleanos: &&, ||, !
- Operadores de acceso a punteros: *, &
- Operadores de bits: &, |, ^, ~, <<, >>

- Operadores compuestos:
 - Incremento y decremento de variables: ++, --
 - Asignación y operación: +=, -=, *=, /=, &=, |=

Estructuras de control

- Condicionales: if, if...else, switch case
- Bucles: for, while, do... while
- Bifurcaciones y saltos: break, continue, return, goto

Variables

En cuanto al tratamiento de las variables también comparte un gran parecido con el lenguaje C.

Constantes

- HIGH/LOW: representan los niveles alto y bajo de las señales de entrada y salida. Los niveles altos son aquellos de 3 voltios o más.
- INPUT/OUTPUT: entrada o salida.
- false (falso): Señal que representa al cero lógico. A diferencia de las señales HIGH/LOW, su nombre se escribe en letra minúscula.
- true (verdadero): Señal cuya definición es más amplia que la de false. Cualquier número entero diferente de cero es "verdadero", según el álgebra de Boole. Si es cero, es "falso".

Tipos de datos

void, boolean, char, unsigned char, byte, int, unsigned int, word, long, unsigned long, float, double, string, array.

Conversión entre tipos de datos

Estas funciones reciben como argumento una variable de cualquier tipo y devuelven una variable convertida en el tipo deseado.

char(), byte(), int(), word(), long(), float()

Funciones Básicas

E/S Digital

- pinMode(pin, modo)
- digitalWrite(pin, valor)
- int digitalRead(pin)

E/S Analógica

- analogReference(tipo)
- int analogRead(pin)
- analogWrite(pin, valor)

E/S Avanzada

- shiftOut(dataPin, clockPin, bitOrder, valor)
- unsigned long pulseIn(pin, valor)

Tiempo

- unsigned long millis()
- unsigned long micros()
- delay(ms)
- delayMicroseconds(microsegundos)

Matemáticas

min(x, y), max(x, y), abs(x), constrain(x, a, b), map(valor, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh), pow(base, exponente), sqrt(x)

Trigonometría

sin(rad), cos(rad), tan(rad)

Números aleatorios

randomSeed(semilla), long random(máx), long random(mín, máx)

Bits y Bytes

lowByte(), highByte(), bitRead(), bitWrite(), bitSet(), bitClear(), bit()

Interrupciones externas

- attachInterrupt(interruptión, función, modo)
- detachInterrupt(interruptión)

Interrupciones

interrupts(), noInterrupts()

Comunicación por puerto serie

Las funciones de manejo del puerto serie deben ir precedidas de la palabra "Serial" aunque no necesitan ninguna declaración en la cabecera del programa. Por esto se consideran funciones base del lenguaje. Estas son las funciones para transmisión serial:

begin(), available(), read(), flush(), print(), println(), write()

Manipulación de puertos

Los registros de puertos permiten la manipulación a más bajo nivel y de forma más rápida de los contactos de entrada/salida del microcontrolador de las placas Arduino.

DDR[B/C/D]: Data Direction Register (o dirección del registro de datos) del puerto B, C ó D. Es una variable de Lectura/Escritura que sirve para especificar qué contactos serán usados como entrada y salida.

PORT[B/C/D]: Data Register (o registro de datos) del puerto B, C ó D. Es una variable de Lectura/Escritura.

PIN[B/C/D]: Input Pins Register (o registro de pines de entrada) del puerto B, C ó D. Variable de sólo lectura.

Por ejemplo, para especificar los contactos 9 a 13 como salidas y el 8 como entrada (puesto que el puerto D usa los pines de la placa Arduino 8 al 13 digitales) bastaría utilizar la siguiente asignación: DDRD = B11111110.

Como se ha podido comprobar, muchas de las instrucciones utilizadas en la programación tienen una cierta similitud con el lenguaje de programación C. Mediante estas funciones y las de uso específico con Arduino, podremos configurar los transductores que conectaremos a dicha placa con el fin de realizar la medición, para actuar la válvula hidráulica y poder realizar el control de la máquina excavadora.

3.5.2 Código del programa

El código fuente del programa que es capaz de ejecutar la controladora para el funcionamiento de este proyecto se puede ver en el Anexo 8.

3.6 Hardware para instalación de sensores

Para la instalación de los diferentes sensores anteriormente citados, es necesaria la fabricación de soportes metálicos que serán los encargados de sujetar en la posición correcta el sistema de medición.

En el apartado de Planos se encuentran los diseños con las medidas necesarias para su correcta fabricación e incorporación en la máquina excavadora objeto de proyecto.

Se instalarán un total de tres soportes por cada instalación. En primer lugar los soportes de medida de longitud por cable serán introducidos y atornillados junto a los tornillos superiores de la botella hidráulica, ajustando el sensor a la forma correcta para que pueda medir la salida del vástago. Estos dos soportes serán instalados junto con su sensor en la botella de elevación de pluma y la botella de balancín.



Figura 14

Además de los dos soportes de medida de longitud, también es necesario fijar el soporte de sujeción para el sensor de presencia de implemento. Dicho sensor tendrá que ser ajustado para detectar la posición de apertura o cierre del implemento utilizado.

CAPÍTULO 4: NORMAS Y REGLAMENTOS APLICABLES

Dir 2006/42/EC referida a Maquinaria, que establece que:

- Los dispositivos de protección permanezcan totalmente operativos o emitan una orden de parada.
- “Cuando se diseñe y fabrique un órgano de accionamiento para ejecutar varias acciones distintas, es decir, cuando su acción no sea unívoca, la acción ordenada deberá visualizarse de forma clara y, si fuera necesario, requerirá una confirmación”
- “Características que deben de reunir los resguardos y los dispositivos de protección”

Norma UNE 474-1: 2007 referida a: “Sistemas eléctricos y electrónicos en máquinas excavadoras”

- Instalación mínima IP55.
- Utilización de baterías.
- Utilización de tuberías y mangueras hidráulicas.
- Señales de aviso de seguridad.

UNE 1027:1995, doblado de planos.

UNE 1035 e ISO 7200, cajetín.

UNE 1026, UNE 1027 e ISO 5457, márgenes.

UNE 157001, realización de un proyecto.

CAPÍTULO 5: MODELO A ESCALA DE LOS ELEMENTOS DE MANDO

5.1 Introducción

En este capítulo se va a recoger aspectos que se han tenido en cuenta para la realización de una maqueta a escala del proyecto. Dicha maqueta ha sido elaborada con la finalidad de ver el funcionamiento y la respuesta del sistema de control ante cualquier posición del brazo de una máquina excavadora.

5.2 Motivación

Debido a la dificultad que entraña la muestra del proyecto implantado a tamaño real, se va a realizar un modelo a escala 1/5 de las dimensiones originales de la máquina excavadora DX210w especificadas en el Anexo 1.

En dicha elaboración a escala no se van a utilizar los sensores que se utilizarán en el proyecto real, ya que los rangos de medida no son los mismos. A pesar de que se cambien los sensores y los rangos de medida, la lógica de control utilizada para el cálculo del sistema de posicionamiento de altura será la misma.

5.3 Elementos utilizados

Los cambios más significativos con respecto al sistema real son la imposibilidad de implantación de una electroválvula de corte de aceite hidráulico y los sensores encargados de medir la elongación de los vástagos por cable. En el lugar de estos, se instalarán para la maqueta sensores de ultrasonidos específicos para la plataforma Arduino modelo HC-SR04 y en lugar de la electroválvula, se comprobará la acción de ésta por medio de un LED de color. Además, la maqueta será construida con la cuchara en la posición cerrada por tanto no es necesario el uso del sensor de presencia para saber dónde se encuentra.

5.3.1 Sensor de ultrasonidos

Otro tipo de sensores capaz de medir longitudes son los llamados sensores de ultrasonidos. Éstos utilizan sonido a una frecuencia elevada (normalmente 40kHz) incapaz de ser escuchado por el oído humano.

El funcionamiento es básico, se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido que rebota sobre un determinado objeto, y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos. Sabiendo la velocidad del sonido (V) y el tiempo (t) que tarda en recibir el ultrasonido enviado se puede calcular la distancia (d) al objeto que ha rebotado.

$$d = \frac{1}{2} * V * t$$

A pesar de que parece tener un funcionamiento sencillo, incorpora muchos problemas de medición debidos a varios factores que intervienen en la medida como puede ser la incertidumbre angular, ya que emite dentro de un volumen cónico. También en los sensores de ultrasonidos que incorporan emisor y receptor en el mismo transductor, que hay que esperar un determinado tiempo para que desaparezcan las vibraciones de emisión y por tanto necesita una distancia mínima de medida. Debido a estos problemas citados, la solución final no será un sensor ultrasonido, pero sí será utilizado un sensor de este tipo en la maqueta del proyecto.

Dentro de toda la gama de sensores adaptados para la plataforma Arduino, existe un sensor de ultrasonido llamado HC-SR04 que será el encargado de adquirir la medida de longitud de la maqueta para que el controlador sea capaz de leer la muestra. Suplementará a los sensores de longitud por cable de la instalación final debido a su precio tan reducido y la innecesaridad de una protección IP elevada. En el Anexo 7 se puede observar la hoja de características técnicas de este sensor.



Figura 15

Para la utilización del sensor de ultrasonidos, es necesario rehacer la ecuación de los datos para aplicarle la escala de 1/5 que tiene la maqueta fabricada. La ecuación se extrae de los datos del apartado Cálculos y dichas ecuaciones se encuentran en los Anexos 11 y 13.

5.3.2 Alimentación eléctrica

Con relación a la parte eléctrica, en lugar de extraer la tensión de 24V por medio de un convertidor de las baterías de la máquina excavadora, se conectará el sistema a una fuente de alimentación eléctrica que proporciona 5V por USB para el funcionamiento de los sensores y el controlador.

Resumen de los materiales utilizados:

MATERIAL	CANTIDAD
Contrachapado de espesor 5mm (Tablero 224 x 150)	2
Sensor ultrasonidos HC-SR04	2
Arduino MEGA 2560	1
LED indicador ROJO	1
Fuente de alimentación	1
Materiales consumibles: (Cables de conexión, láminas metálicas, resistencias, cola de contacto, etc.)	

5.4 Imágenes reales



Figura 16



Figura 17

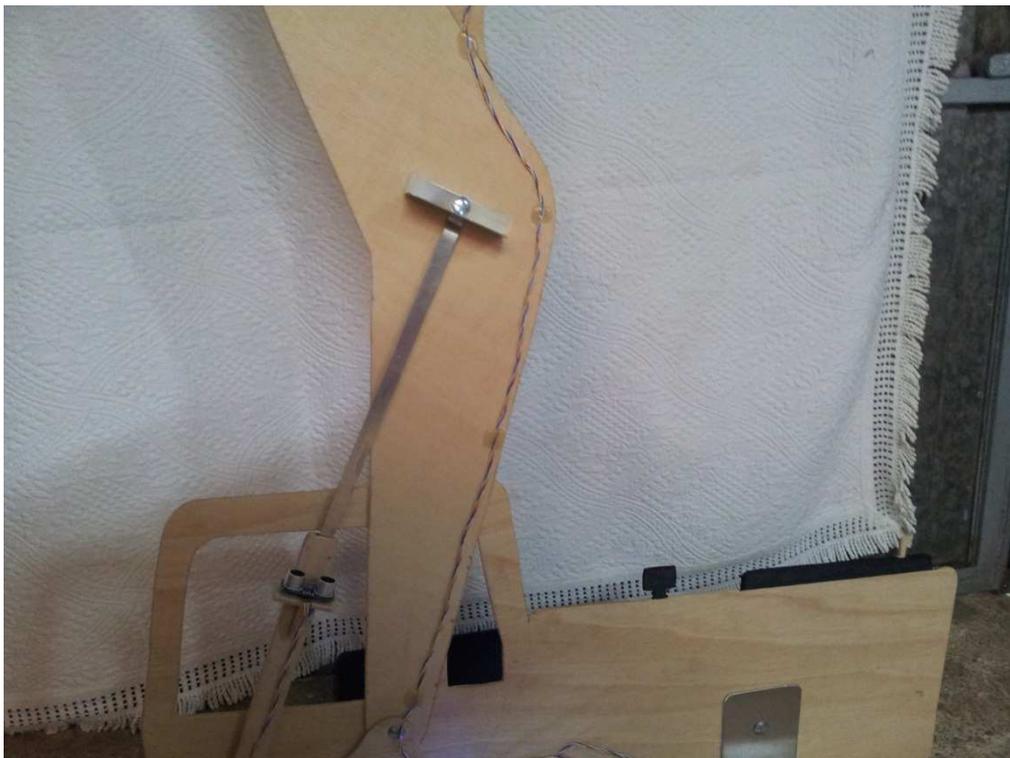


Figura 18

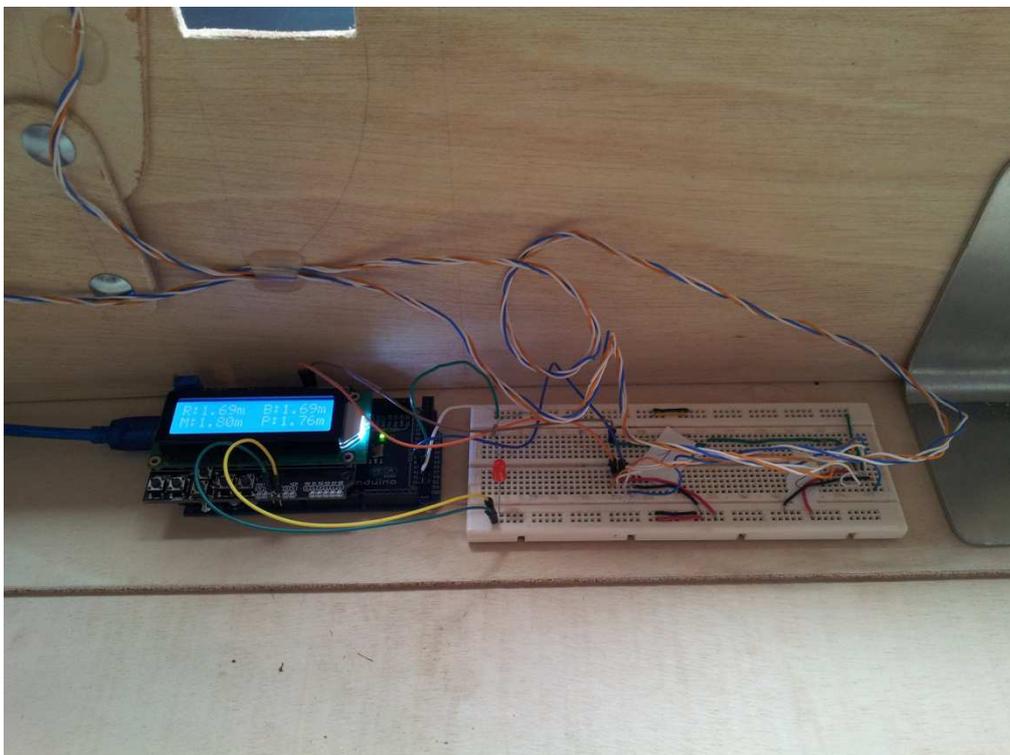


Figura 19

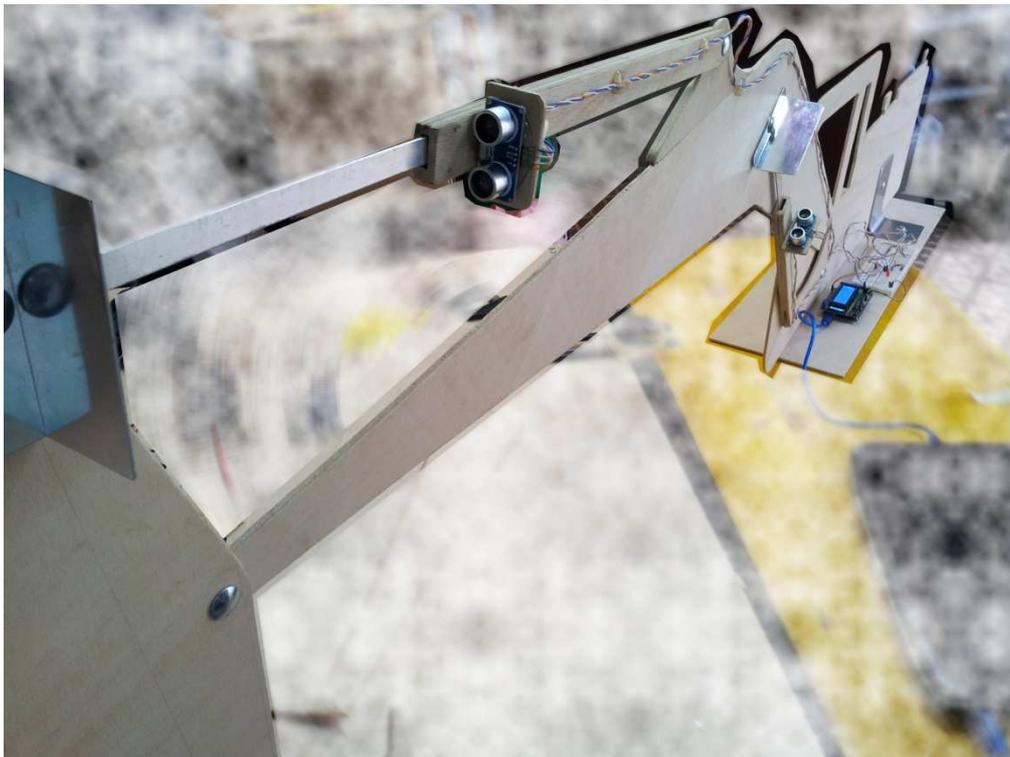


Figura 20

5.5 Código software modificado para el modelo a escala

Para la elaboración del modelo a escala, es necesario cambiar algunos aspectos del código como las medidas de los sensores ultrasonidos y los datos de altura. Se puede ver el código modificado en el Anexo 9.

3 CÁLCULOS

CAPÍTULO 1: OBTENCIÓN DE LA MEDIDA

1.1 Introducción de la medida

En una máquina excavadora tenemos cilindros hidráulicos para realizar el movimiento de la pluma, balancín y cuchara. Por ese motivo, disponemos de tres ángulos para la medición ya que el brazo de la máquina excavadora consta de las tres partes diferenciadas.

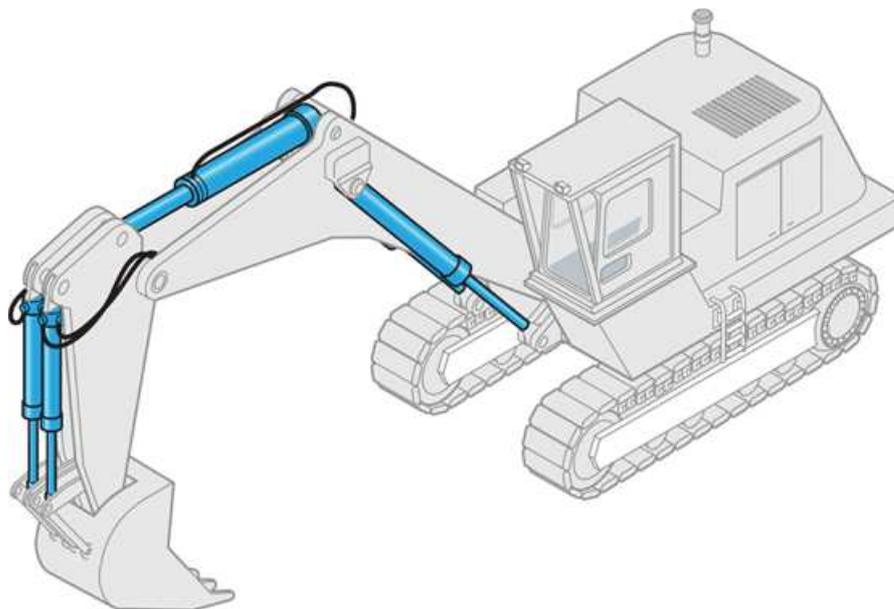


Figura 21

Para poder realizar la medida de la posición que tiene el brazo en todo momento, es necesario medir los tres ángulos obteniendo la medida con respecto al sistema de referencia fijo que se considera el suelo.

Para ello, se va a utilizar un procedimiento sencillo y eficaz. En primer lugar se medirá la elongación que tenga el vástago de los cilindros de pluma y balancín. Con ese propósito, se colocarán dos sensores capaces de medir longitud que posteriormente irán conectados a la controladora Arduino.

El principal inconveniente que existe en la medida de la elongación es el implemento que puede estar de manera abierta o cerrada y dependiendo su posición, puede cambiar la

altura máxima de la máquina. Con el fin de solventar dicho inconveniente, se incorporará al sistema un sensor de presencia de tal manera que detecten su posicionamiento.

Por tanto, sabiendo la elongación de cada vástago y la presencia, o no, que tiene la cuchara, el controlador podrá saber en todo momento mediante la lectura de estos valores, la posición en tiempo real de pluma-balancín-cuchara del conjunto y por tanto, la altura máxima del conjunto.

Debido a que la cuchara se puede cambiar por otros implementos dependiendo del trabajo a realizar, se va a considerar el caso particular de una cuchara como caso general. La utilización de otro implemento diferente a la cuchara significará la reprogramación y por consiguiente, el estudio de nuevas medidas y posiciones.

1.2 Antecedentes a la medida

Antes de seleccionar cualquier sensor para hacer posible la medida del proyecto, es necesario tomar contacto con la máquina para hacer una serie de mediciones y comprobaciones necesarias para elegir, de la manera más correcta posible, los sensores.



Figura 22

Como ya se dijo en el apartado anterior 1.1, vamos a seleccionar sensores capaces de medir la salida del vástago de la botella o cilindro hidráulico.

Debido a la construcción de la máquina excavadora no existe un punto fijo único en el brazo que tenga siempre el máximo de altura, sino que este punto más elevado se va cambiando al mismo tiempo que va subiendo el brazo. Para poder solventar este problema, es necesario hacer un ensayo y poder medir distintos puntos de vástago en relación a la altura máxima total.

1.3 Medida realizada

Primeramente, tomamos la salida máxima de cada vástago como primer dato de referencia con el que podremos elegir el rango de mensurado que tendrán los sensores de longitud.

OBJETO	RANGO DE MEDIDA
Cilindro de cuchara máximo	240 - 1300 mm
Cilindro de balancín máximo	240 - 1450 mm
Cilindro de pluma máximo	240 - 1500 mm

Una vez obtenidos estos rangos de medida, se obtienen todas las medidas necesarias para confeccionar un gráfico en el que se vea el comportamiento de la salida de

los vástagos con relación a la altura máxima en que se encuentra la máquina en todo momento.

La siguiente Figura 23, muestra el perfil de la máquina excavadora con los diferentes cilindros que serán los encargados de elevar todo el conjunto.

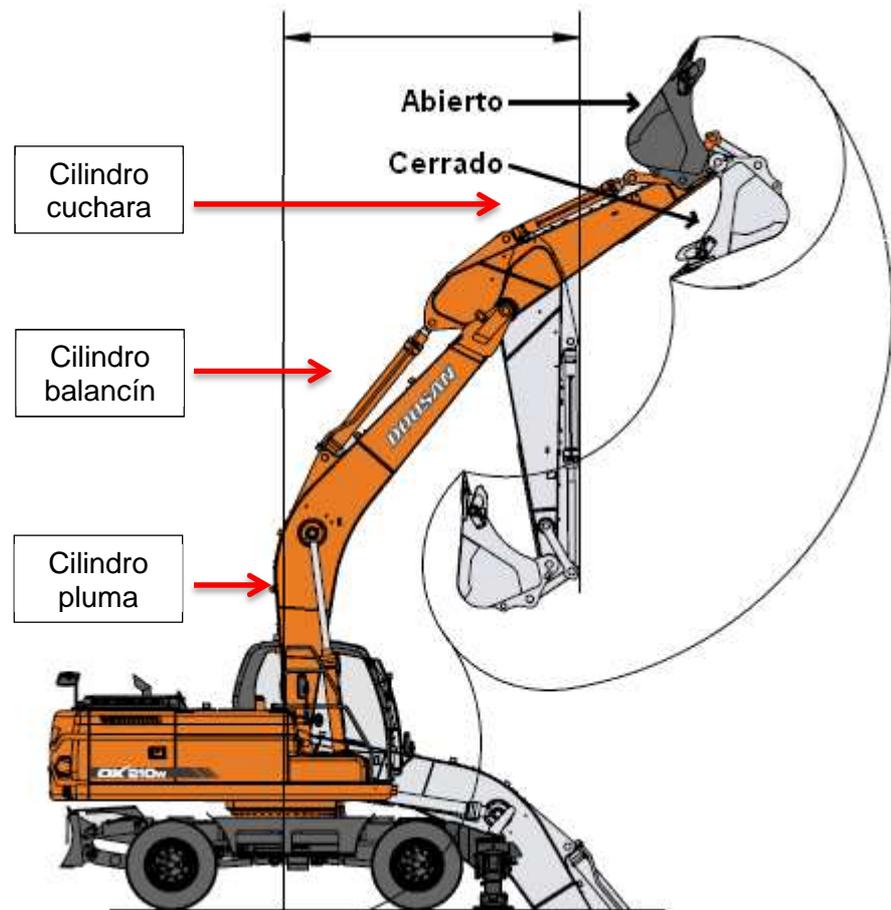


Figura 23

Cilindro de la pluma

PLUMA		
ALTURA (mm)	ELONGACIÓN (mm)	OBSERVACIONES
3000	750	Posición de referencia
3300	770	
3370	810	
3580	830	
3660	850	
3680	870	
4100	890	
4150	910	
4250	930	

4260	950	
4400	970	
4700	1010	
4980	1050	
5260	1090	
5540	1130	
5870	1170	
6130	1210	
6380	1250	
6680	1290	
6900	1330	
7150	1370	
7400	1410	
7600	1450	
7830	1490	
7890	1500	MAXIMO

Con la ayuda de Excel, se grafican los datos para poder ver una gráfica la relación que existe entre Altura y Elongación visible en el Anexo 10.

Cilindro del balancín

En el caso de la medición del cilindro del balancín, la altura máxima depende directamente del implemento, ya que la altura máxima en este caso es siempre el cilindro del implemento; por tanto si el implemento está abierto tendrá una altura máxima y si está cerrado tendrá otra altura máxima distinta.

Considerando el asunto, se han tomado diferentes medidas para los dos casos en los que el implemento se encuentra abierto al máximo (altura menor sin considerar implemento) o cerrado al máximo (altura mayor sin considerar implemento).

BALANCÍN con cuchara ABAJO (Cerrado)	
ALTURA (cm)	ELONGACIÓN (cm)
789	43
804	46
821	41
833	36
846	31
863	26
868	24

BALANCÍN con cuchara ARRIBA (Abierto)	
ALTURA (cm)	ELONGACIÓN (cm)
789	43
796	38
804	33
811	28
818	24

Con estas dos tablas de datos, se confecciona la tabla relacionando la altura del punto máximo con la elongación del vástago visible en el Anexo 12.

Cilindro de cuchara

Existen implementos que exigen más altura o implementos que no superan la altura máxima del balancín estando en posición abierta o cerrada.

Para este cilindro, no se han realizado las medidas oportunas porque dependerá del tipo de implemento que se utilice en la excavación, por tanto se estudiará para el caso de cuchara abierta y cuchara cerrada. Mediante el sensor de presencia el controlador podrá saber el estado de la cuchara en todo momento.

CAPÍTULO 2: CONEXIONES ELÉCTRICAS

2.1 Introducción

El prototipo objeto de este proyecto va a estar ubicado en la cabina de la máquina excavadora y al ser considerado como un elemento de seguridad, necesita disponer de una tensión de manera continuada a la vez que la excavadora realiza su labor.

2.2 Estudio de componentes

Para realizar el estudio de la potencia consumida es necesario saber las tensiones de entrada que utiliza cada uno de los componentes utilizados y el consumo que tienen en este proyecto.

2.2.1 Especificaciones eléctricas de Arduino

Tensión nominal de funcionamiento:	5V
Tensión de entrada recomendada:	7-12V
Tensión de entrada límite:	6-20V
<u>Tensión Vin:</u>	12V

$$P = U * I = 12 * 50 * 10^{-3} = 0.6 W$$

Consumo controlador + LCD: **0.6W**

2.2.2 Especificaciones eléctricas de sensor distancia por cable

Tensión nominal de funcionamiento:	32V máximo
<u>Tensión Vin:</u>	12V

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{12^2}{1000} = 0.144 W$$

Consumo máximo de sensor: **0.144W**

2.2.3 Especificaciones eléctricas de sensor de proximidad

Tensión nominal de funcionamiento: 12-48V

Tensión Vin: **12V**

Consumo de corriente de 10mA (sin carga), luego la potencia es:

$$P = U * I = 12 * 10 * 10^{-3} = 0.12 W$$

Consumo máximo de sensor: **0.12W**

2.2.4 Especificaciones eléctricas de electroválvula y relé activador

Tensión nominal de funcionamiento: 12 ó 48V

Tensión Vin: **12V**

Consumo de corriente de 1,67A, luego la potencia es:

$$P = U * I = 12 * 1,67 = 20.04 W$$

Consumo de corriente del relé activador es 30mA,

$$P = U * I = 12 * 30 * 10^{-3} = 0.36 W$$

Consumo máximo de actuador: **20.04W**

Consumo relé activador: **0.36W**

2.3 Consumo general del sistema

A continuación se va a estudiar el consumo global del sistema.

- Consumo de Arduino + LCD: 0.6W
- Consumo sensor de distancia por cable x2: 0.144W
- Consumo sensor inductivo: 0.12W
- Consumo electroválvula + relé: 20.4W

Realizando la suma total de potencias,

$$\sum P = 0.6W + 2 * 0.144W + 0.12W + 2 * 20.4W = 41.8W$$

Sabiendo que la tensión de alimentación que suministra el convertidor es de 12 voltios, se puede calcular cuál es el consumo del sistema que será soportado por las baterías; sin olvidar que la máquina excavadora está encendida en todo momento de trabajo, cargando de manera continua el sistema eléctrico de baterías mediante el alternador.

$$41.8W/12V = X A \rightarrow X = 3.48 A$$

Luego el consumo del sistema es de 3.48 A.

2.4 Aislamiento

Para mantener el sistema libre de sobretensiones que puedan dañar tanto la placa controladora Arduino como el conjunto de sensores y actuadores, se va a calcular la corriente que consumirá y por tanto el fusible necesario para su implantación.

Teniendo la potencia consumida, calculamos la corriente suministrada sabiendo que la tensión antes del convertidor Buck es 24V.

$$I = \frac{W}{U} = \frac{41.8}{24} = 1.74 A$$

Por tanto, se utilizará un fusible aéreo de 2 A.

4 ANEXOS

Anexo 1: Revista técnica de máquina excavadora DOOSAN DX210W



DX210w | Excavadoras de ruedas



Excavadora hidráulica DOOSAN DX210w:

nuevo modelo

¡Descubra estas innovaciones!

Prestaciones	4
Manejo	6
Confort	7
Fiabilidad	8
Mantenimiento	10
Especificaciones técnicas	12





El concepto clave utilizado durante el desarrollo de la DX210w fue: “Conferir un valor óptimo al usuario final”, lo que se traduce, en términos concretos, en los siguientes logros:

con nuevas características

- **Aumento de producción y mayor ahorro de carburante** gracias a la optimización del circuito hidráulico y a la adopción de un motor DOOSAN de nueva generación (Etapa IIIa).
- **Mayor ergonomía**, mejora del confort y una excelente visibilidad a todo alrededor de la máquina, asegurando al mismo tiempo unas condiciones de trabajo seguras y agradables.
- **Mayor fiabilidad** gracias al empleo de materiales de altas prestaciones y a nuevos métodos de análisis estructural de tensiones que han llevado a incrementar la expectativa de vida útil de los elementos, reduciendo así los gastos de explotación.
- **Su reducido mantenimiento** amplía la disponibilidad de la excavadora y reduce los gastos de explotación.

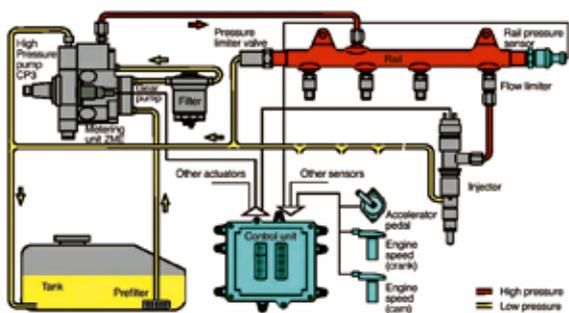


Prestaciones

El rendimiento de la DX210w tiene un efecto directo sobre su productividad. El nuevo motor de colector común "Common Rail" y el circuito hidráulico controlado por el sistema electrónico de optimización de la potencia e-EPOS, se dan la mano para crear una excavadora imbatible, con una relación coste/eficacia que hace aún mucho más atractiva la DX210w.



Motor "Common Rail" DLo6 de DOOSAN



En el corazón de la excavadora hidráulica se halla el nuevo motor "Common Rail" DLo6 de Doosan, que ha sido combinado con el nuevo sistema electrónico de control e-EPOS a fin de optimizar el equilibrio entre potencia y ahorro de combustible.

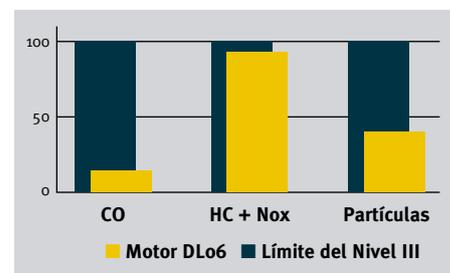
El nuevo motor tiene una potencia de 162 cv (120 kW/164 Ps) a tan sólo 2.000 r.p.m., y más par, todo ello gracias a su cuidadoso diseño y por el hecho de contar con una inyección de colector común "common rail" y 4 válvulas por cilindro. Estas características contribuyen a optimizar la combustión y minimizar la contaminación gracias a la reducción de las emisiones de material particulado y NOx.

El aumento del par de fuerzas permite un uso eficiente de la potencia del sistema hidráulico.

- Su mayor velocidad en los ciclos de trabajo eleva la productividad.
- El aumento del par de fuerzas implica que la excavadora sea capaz de desplazarse con mayor facilidad.
- Su eficiencia energética reduce el consumo de combustible.

DOOSAN Infracore es consciente de la importancia que tiene proteger el medioambiente.

La ecología fue la mayor preocupación de nuestros investigadores, desde el mismo inicio del diseño de estas nuevas máquinas. El nuevo reto de los ingenieros consiste en combinar la protección de la naturaleza con el rendimiento de la maquinaria; y DOOSAN ha hecho fuertes inversiones en este objetivo.



El nuevo motor DOOSAN respeta y protege el medioambiente, limitando cualquier tipo de emisión tóxica.



Bombas hidráulicas

Las bombas principales poseen una capacidad de 2 x 231,7 l / min, por lo que reducen el período de ciclo al mismo tiempo que su bomba rotativa de engranajes de gran capacidad mejora la eficiencia de la línea de aspiración.



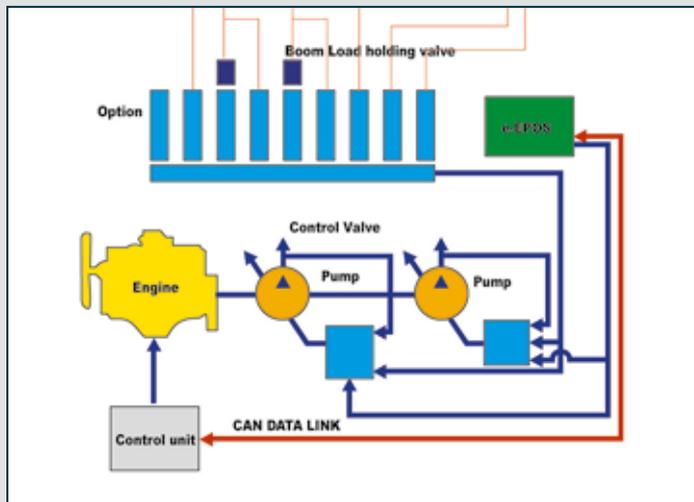
Tracción de rotación

Se minimizan las sacudidas durante la rotación al tiempo que el incremento del par de fuerzas asegura ciclos rápidos.

Control de la excavadora

Nuevo sistema e-EPOS (Sistema Electrónico de Optimización de la Potencia)

Se ha mejorado el centro neurálgico de la excavadora hidráulica, el e-EPOS, que ahora se interconecta electrónicamente con la unidad de control de los motores (ECU) a través de una comunicación en red controlada CAN (Controller Area Network) que permite intercambiar información de forma continua entre el motor y el circuito hidráulico. Ambas unidades están perfectamente sincronizadas.



Las ventajas del nuevo e-EPOS tienen impacto a varios niveles.

Sencillez y facilidad de uso:

- La disponibilidad de un modo de fuerza y un modo operativo normal garantiza la máxima eficiencia bajo cualquier condición.
- El control electrónico del consumo de combustible optimiza la eficiencia.
- El modo de deceleración automática permite ahorrar combustible.
- La regulación y el control preciso de la tasa de flujo requerida por el equipamiento están disponibles de serie.
- Una función de autodiagnóstico hace posible la resolución de problemas técnicos con rapidez y eficacia.
- Una memoria operativa proporciona la visualización gráfica del estado de la máquina.
- Se pueden visualizar los intervalos de mantenimiento y cambio de aceite.

Ejes para servicio pesado

El eje delantero puede lograr grandes ángulos de oscilación y de giro. La transmisión va montada directamente sobre el eje trasero con objeto de lograr mayor protección y optimizar la distancia libre al suelo.

Frenos de disco avanzados

El nuevo sistema se ha mejorado con el fin de lograr un frenado más correcto que elimina el efecto oscilante que se produce cuando se trabaja con las ruedas libres. El nuevo eje se ha diseñado de modo que necesite un mantenimiento mínimo, y los intervalos de engrase han pasado de 1.000 a 2.000 horas, lo que reduce aún más los costes de explotación.

Nuevo diseño de la cadena motriz

El nuevo motor y el control de la transmisión de la cadena motriz proporcionan una marcha más cómoda gracias a la mejora de la suavidad, el tiempo de respuesta de la hidráulica y los cambios de marcha.



Diseño del chasis

El chasis soldado, rígido, tiene una duración excelente. El eficiente trazado del circuito hidráulico, la protección de la transmisión y los ejes de servicio pesado permiten lograr un chasis perfecto para las aplicaciones de excavación sobre ruedas. Tanto los estabilizadores como la cuchilla de nivelación están sujetos por pernos para lograr la máxima flexibilidad. También se dispone de un bloqueo del eje oscilante.

Estabilizadores

Los estabilizadores se pueden montar delante y/o detrás para conseguir una estabilidad operativa máxima durante la excavación o elevación (control en opción).

Cuchilla de nivelación

El diseño atornillado facilita el poder montar una teja de nivelación en la parte delantera y/o trasera, y se emplea para trabajos de nivelación, limpieza y para estabilizar la máquina durante las labores de excavación. La presión sobre el terreno se reduce al mínimo gracias al diseño bajo de nivelador paralelo.

Manejo

La potencia, durabilidad, facilidad de mantenimiento y control exacto de la excavadora hidráulica aumentan su eficacia y su vida útil. Con la DX210w, DOOSAN ofrece un excelente retorno de inversión.



Panel del monitor multifunción con LCD en color

Elección de los modos operativos

Modo de trabajo

- Modo de excavación: para excavación de tierra, carga e izado.
- Modo de realización de zanjas: prioridad de rotación para trabajos de zanjado, excavación de canales, terraplenes, etc.

Modo de fuerza

- Estándar: utiliza el 85% de la potencia del motor para todo tipo de trabajo (eficiencia óptima en el consumo de combustible).
- Fuerza: emplea el 100% de la potencia del motor para trabajos pesados.



Palanca de control

Un control muy preciso del equipamiento aumenta la versatilidad y la seguridad facilitando las operaciones delicadas que requieran de una gran precisión. Las labores de nivelación, y en particular el movimiento de cargas izadas, son más sencillos y seguros.

Las palancas de control disponen de botones eléctricos adicionales para controlar todo el equipamiento adicional (por ejemplo: uñas, trituradoras, pinzas, etc.).

Luces de aviso

Modos operativos

- Selección de modo
- Control de la tasa de flujo
- Deceleración automática
- Selección de pantalla

Panel de control

Con pantalla de color LCD



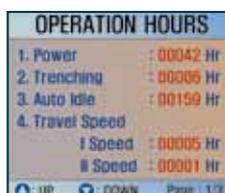
Pantalla estándar



Función antirrobo



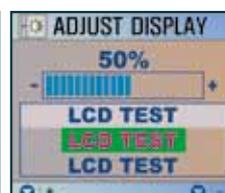
Información sobre filtro/ aceite



Historial de operaciones



Control de la tasa de flujo



Control del contraste

Confort

El ritmo de trabajo de la excavadora hidráulica está directamente vinculado con el rendimiento de su operador. DOOSAN diseñó la DX210w colocando al operador como centro de los objetivos de desarrollo. El resultado es un valor ergonómico significativo que mejora la eficiencia y la seguridad del operador.

Más espacio, mejor visibilidad, aire acondicionado, un asiento muy cómodo, etc. Estos son los elementos que aseguran el trabajo del operador en excelentes condiciones durante horas y horas.



Panel de control

Un posicionamiento correcto, con controles claros, hace más fácil la tarea del operador.



El aire acondicionado electrónico de alto rendimiento proporciona un flujo de aire que se ajusta perfectamente a las condiciones ambientales. Sus cinco modos de funcionamiento satisfacen incluso al operador más exigente.



Se ha mejorado la visibilidad en todas las direcciones y se ha ampliado el tamaño de la cabina.



Los espacios de almacenamiento en la cabina dan muestra de la atención prestada al operador.



Asiento cómodo totalmente regulable.



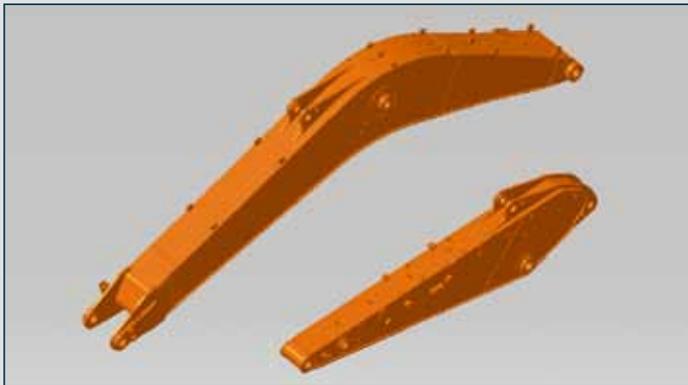
Pedestal de control (telescópico y función de inclinación)



Fiabilidad

La fiabilidad de un aparato contribuye a reducir los costes de explotación a lo largo de su vida útil. DOOSAN emplea técnicas de diseño asistido por ordenador y materiales y estructuras de gran duración que prueba luego en condiciones extremas.

La durabilidad de los materiales y la longevidad de las estructuras son nuestras prioridades esenciales.



Pluma reforzada

Se ha optimizado la forma de la pluma por elementos finitos, con lo que ahora las cargas se distribuyen mejor por toda la estructura. Todo ello, junto con un mayor espesor del material, implica una mayor duración y fiabilidad de la máquina así como la reducción de la fatiga de las piezas.

Ensamblaje del brazo

Se ha ganado más resistencia en todo el brazo gracias al empleo de piezas fundidas y a haber reforzado las zonas de alrededor de los salientes, logrando así una mayor vida útil.



Cazo

Para los elementos más susceptibles, tales como hojas, dientes, placas de refuerzo posterior y laterales y esquinas del cazo, se han empleado materiales con elevada resistencia al desgaste.



Casquillos

En la articulación de la pluma se ha empleado un material metálico altamente lubricado a fin de extender su período de vida útil y ampliar los intervalos de mantenimiento a 250 horas. A la articulación entre el brazo y el cazo se le ha añadido un casquillo laminado con ranuras muy finas, de modo que el engrasado sólo deba efectuarse cada 50 horas.



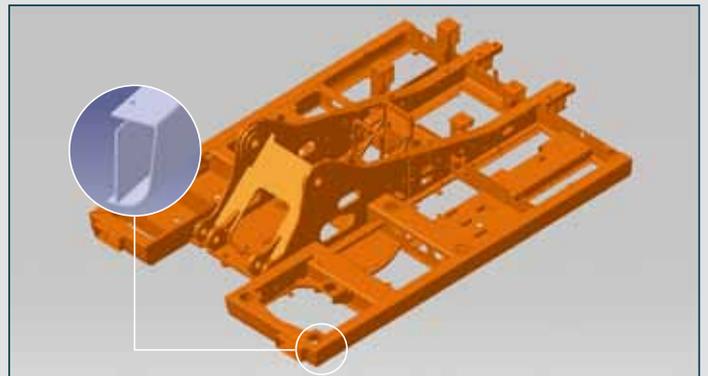
Cuñas de polímero

A las articulaciones del cazo, de la teja de nivelación y del estabilizador se les ha añadido una cuña de polímero con el fin de mantener un control preciso sobre el equipamiento.



El diseño mediante análisis de esfuerzos (FEM) y las técnicas de fabricación innovadoras dan un chasis estable y robusto

Para garantizar una durabilidad y fiabilidad mayores, tanto el bastidor del chasis, como el conjunto de los estabilizadores y la teja de nivelación se han diseñado utilizando herramientas tridimensionales de CAD y empleando técnicas de interpretación y de ensayos de fiabilidad.



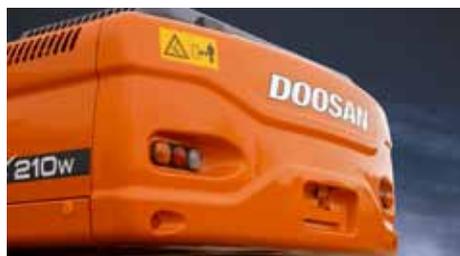
Armazón de "tipo D"

Los armazones de "tipo D" y el armazón del chasis añaden resistencia y minimizan la distorsión causada por los impactos.



Tapas de protección de los cilindros del estabilizador y de la teja de nivelación

Se han adoptado tapas de protección reforzadas y amplias para proteger completamente los cilindros de los estabilizadores y de la teja de nivelación contra la caída de piedras mientras la máquina está trabajando.



Contrapeso fundido

Se ha adoptado un contrapeso fundido para minimizar la deformación por impacto externo y, además, se ha aumentado la estabilidad de funcionamiento mediante un diseño bajo del centro de gravedad.



Luces de parada por fotodiodos (LED)

El empleo de fotodiodos (LED) asegura una vida útil mucho mayor en comparación con las bombillas por filamento incandescente habituales. Además, la mayor velocidad de respuesta al encendido contribuye a evitar accidentes.

Mantenimiento

Unas operaciones de mantenimiento cortas y tras grandes intervalos aumentan la disponibilidad del equipo sobre el terreno. DOOSAN ha creado la DX210w con el objetivo de ofrecerle al usuario la mayor rentabilidad posible.



Filtro de aceite del motor

El filtro de aceite del motor tiene un elevado nivel de filtrado, lo que alarga el intervalo entre los cambios de aceite hasta las 500 horas. Es fácilmente accesible y su ubicación evita la contaminación del entorno ambiental.



Fácil mantenimiento

El acceso a los radiadores es muy fácil, facilitando así su limpieza. El acceso a las piezas del motor se realiza desde la parte superior y a través de los paneles laterales.



Filtro de retorno del aceite hidráulico

La protección del circuito hidráulico se realiza de un modo más eficaz mediante la tecnología de filtrado por fibra de vidrio en el filtro principal de retorno del aceite, por lo que, al filtrar más del 99,5% de las partículas extrañas, el intervalo entre cambios de aceite aumenta.



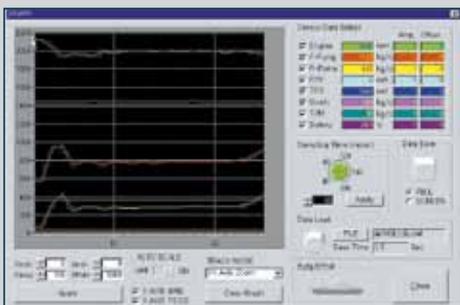
Filtro de aire

El filtro de gran capacidad, por aire forzado, elimina aproximadamente el 99% de las partículas dispersas en el aire, lo que reduce el riesgo de que se contamine el motor y hace que disminuya la frecuencia de cambio del cartucho de filtración.



Filtro de combustible

El filtrado de alto rendimiento de combustible se logra mediante filtros múltiples; entre ellos, un prefiltrado de combustible con separador de agua que elimina la humedad del combustible.



Control por PC (DMS)

Una función de control por PC permite la conexión al sistema e-EPOS, lo que facilita el control de varios parámetros durante el mantenimiento, como la presión de las bombas, el régimen de giro del motor, etc. y, además, se pueden guardar los valores o imprimirlos para un análisis posterior.



Engrasadores centralizados del eje delantero para facilitar el mantenimiento

Para facilitar el acceso, el engrase del eje delantero está situado en la parte delantera.



Especificaciones técnicas

DX 210W

* Motor

• Model

Doosan DLo6
Motor "Common Rail" de inyección directa y control electrónico del combustible, con 4 válvulas por cilindro, inyectores verticales, refrigeración por agua, turbo-compresor y refrigeración forzada aire-aire. Los niveles de emisión están muy por debajo de los valores requeridos para la Etapa III.

• Nº de cilindros

6

• Potencia nominal al volante

120 kW (164 Ps) a 2.000 r.p.m. (DIN 6271, neta)
120 kW (162 cv) a 2.000 r.p.m. (SAE J1349, neta)

• Par máximo

72 kgf.m (706 Nm) at 1.400 rpm

• Cilindrada

5.890 cc

• Calibre y carrera

100 mm x 125 mm

• Motor de arranque

24 V / 4,5 kW

• Baterías

2 x 12 V / 100 Ah

• Filtro de aire

Doble elemento con auto-evacuación del polvo.

* Sistema hidráulico

El corazón del sistema es el e-EPOS (Sistema Electrónico de Optimización de la Potencia), que permite optimizar la eficacia del sistema en cualquier condición de trabajo al tiempo que minimiza el consumo de combustible.

El nuevo e-EPOS está conectado al control electrónico del motor a través de un enlace para transferencia de datos con el fin de armonizar el funcionamiento del motor y el control hidráulico.

El sistema hidráulico posibilita operaciones independientes o combinadas.

- Las dos velocidades de impulsión garantizan el poder trabajar con un par de fuerzas mayor o con una velocidad de movimiento más elevada.
- El sistema de bombeo cruzado reduce el consumo de combustible.
- Sistema automático de deceleración.
- Dos modos operativos y dos modos de fuerza.
- Control del flujo mediante botones en los circuitos del equipamiento auxiliar.
- Control de bombeo en el motor asistido por ordenador.

• Bombas principales

2 bombas de pistón axial y con cilindrada variable
Máx. flujo: 2 x 231,7 l/min

• Bomba piloto

Bomba rotativa de engranajes – máx. flujo: 27,4 l/min

• Principales válvulas de seguridad

Pluma / Brazo / Cazo:
- Modo normal: 330 kg/cm² (324 bar)
- Modo de fuerza: 350 kg/cm² (343 bar)
Desplazamiento: 370 kg/cm² (343 bar)
Rotación: 350 kg/cm² (267 bar)

* Peso

Pluma (mm)	Brazo (mm)	Cazo (m ³)	Peso operativo (kg)
5.400 (Arti)	2.000	1.05	20.400
5.400 (Arti)	2.400	0.86	20.600
5.600	2.750	0.86	19.900
5.600	3.000	0.86	20.800

* Cilindros hidráulicos

Las bielas y los cuerpos de los cilindros están hechos en acero de alta resistencia. Todos los cilindros están dotados de un mecanismo de absorción de impactos para asegurar un funcionamiento libre de sacudidas y ampliar la vida útil del pistón.

• Pluma Mono

Cilindros	Cantidad	Calibre x Diámetro del vástago x Carrera
Pluma	2	120 x 85 x 1.225 mm
Brazo (2,0m)	1	135 x 95 x 1.360 mm
Brazo (2,4m)	1	135 x 95 x 1.450 mm
Cazo	1	120 x 80 x 1.060 mm

• Pluma articulada

Cilindros	Cantidad	Calibre x Diámetro del vástago x Carrera
Pluma	2	120 x 85 x 1.045 mm
Arti. pluma	1	170 x 105 x 748 mm
Brazo (2,0m)	1	135 x 95 x 1.440 mm
Brazo (2,4m)	1	135 x 95 x 1.538 mm
Cazo	1	120 x 80 x 1.060 mm

* Chasis

Bastidor de servicio pesado, estructura de alivio de tensiones totalmente soldada. Se han empleado materiales de máxima calidad para lograr una mayor robustez. Pernos de conexión con tratamiento térmico especial. Neumáticos en tandem 10.00-20-16PR (OTR) con espaciador. Eje delantero hidráulico y oscilante.

* Medio ambiente

Los niveles de ruido cumplen con los reglamentos medioambientales (valores dinámicos).

• Nivel sonoro garantizado

103 dB(A) (2000/14/EC)

• Nivel sonoro en cabina

73,8 dB(A) (ISO 6396)

* Mecanismo de giro

- Para la rotación se ha empleado un motor de pistón axial de dos etapas con engranaje reductor planetario.
- El aumento del par de fuerzas reduce el período de rotación.
- Engranaje interno templado por inducción.
- Rueda dentada interior y piñón sumergidos en lubricante.
- El freno de rotación para el estacionamiento se activa mediante resorte y se libera hidráulicamente.

Velocidad de rotación: 0 to 11 r.p.m.

* Cazos

Capacidad (m ³)	Anchura (mm)		Peso (Kg)	Recomendado (mm)			
	Sin cortadoras laterales	Con cortadoras laterales		5.600 mm Pluma Mono		5.400 mm Pluma articulada	
				2.750 mm	3.000 mm	2.000 mm	2.400 mm
0,51	722	772	530	A	A	A	A
0,81	1.063,5	1.126	655	A	B	A	B
(std) 0,86	1.115	1.179	696	A	B	A	B
1,05	1.307,5	1.370	740	C	–	C	–
1,17	1.428	1.491	795	C	–	–	–
1,28	1.542	1.605	830	C	–	–	–

A. Adecuado para materiales con densidad menor o igual a 2.000 kg/m³

B. Adecuado para materiales con densidad menor o igual a 1.600 kg/m³

C. Adecuado para materiales con densidad menor o igual a 1.100 kg/m³

* Transmisión

Las ruedas están accionadas por un motor de émbolo axial que transmite la energía a una transmisión de dos velocidades. Además de estas dos velocidades, también dispone de una posición lenta en carga. El paso de velocidad alta a velocidad baja en modo de trabajo se lleva a cabo simplemente presionando un botón.

• Velocidad de desplazamiento (rápida/lenta)

Las dos velocidades de impulsión garantizan el trabajo con un par de fuerzas mayor o con una velocidad de movimiento más elevada.

36 / 33 / 9 / 4 km/h
(Alta/Econo/Baja/Lenta)

• Tracción máxima

12.130 kgf

* Capacidades de relleno

• Tanque de carburante

350 l

• Sistema de refrigeración (capacidad del radiador)

24 l

• Aceite del motor

25 l

• Tracción de rotación

3,8 l

• Tracción final

10 l

• Tanque hidráulico

122 l

• Depósito del eje delantero

11 l

• Depósito del eje trasero

14,5 l

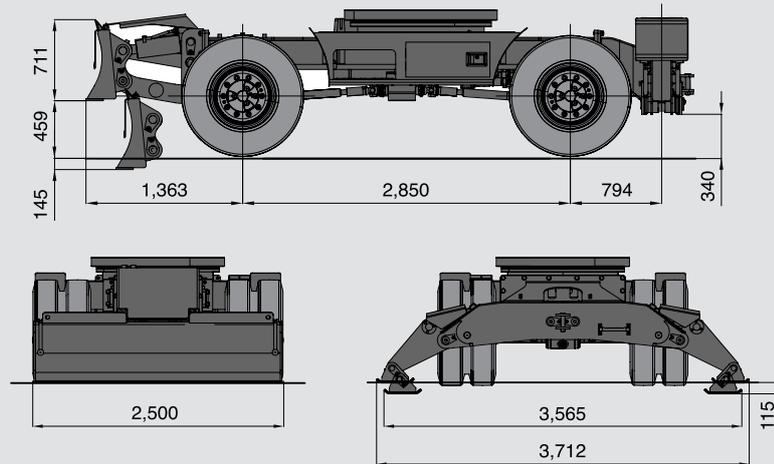
• Transmisión

2,5 l

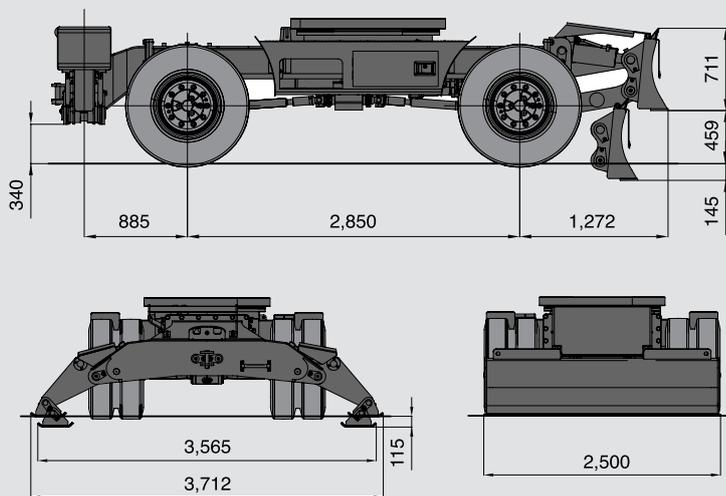
Chasis

DX 210W

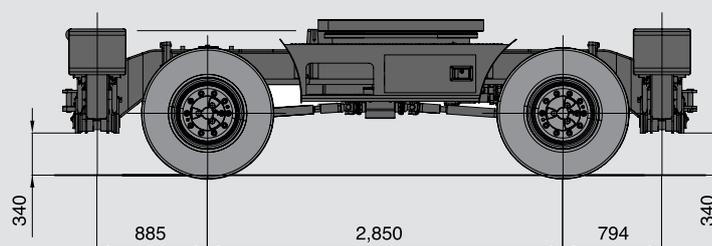
* Chasis con teja de nivelación delantera y estabilizador trasero



* Chasis con estabilizador delantero y teja de nivelación trasera



* Chasis con estabilizador delantero y estabilizador trasero



Equipamiento de serie y opcional

* Equipamiento de serie

• Sistema hidráulico

- Circuito de regeneración del sistema de brazo y pluma
- Válvulas de seguridad de brazo y pluma
- Válvulas anti-rebote en giro
- Salida hidráulica extra (válvula de la línea de opción)
- Botón para accionar potencia adicional instantánea
- Línea hidráulica de martillo

• Cabina e interior

- Cabina montada sobre soportes de tipo viscoso
- Cabina antirruido para todo tipo de clima
- Climatizador
- Asiento con suspensión ajustable, reposa-cabezas y reposa-brazos ajustables
- Ventana frontal con parte deslizante y parte extraíble
- Luz interior
- Limpiaparabrisas tipo intermitente
- Mechero y cenicero
- Posavasos
- Compartimento térmico caliente / frío
- Monitor LCD color
- Indicador de combustible
- Altavoces y conexiones para radio
- Control remoto de radio en consola
- Toma de corriente de 12 V
- Conexión para PC portátil
- Palanca de control hidráulico con 3 conmutadores
- Parasol
- Techo solar
- Visera protectora de lluvia

* Accesorios opcionales

En algunos mercados, parte de estos accesorios pueden formar parte del equipamiento de serie. En otros mercados pueden no estar disponibles. Compruebe en su concesionario DOOSAN la disponibilidad de los accesorios o su adaptación en función de las aplicaciones que se deseen.

• Seguridad

- Protección superior/delantera de la cabina (normas ISO 10262; FOGS)
- Faro giratorio
- Espejo sobre contrapeso
- Alarma en giro

• Cabina e interior

- Asiento con suspensión neumática
- Radio CD
- Radio CD MP3

• Chasis

- Soporte frontal para cuchara
- Soporte frontal para bivalva
- Estabilizadores delanteros independientes
- Cuchilla trasera de nivelación

• Seguridad

- Pasamanos y plataforma de apoyo largos
- Placas metálicas perforadas antideslizantes
- Cinturón de seguridad
- Palanca de bloqueo hidráulico de seguridad
- Ventanas con cristal de seguridad
- Martillo para la salida de emergencia
- Retrovisores
- Alarma de traslación en reversa
- Parada de emergencia del motor (Interruptor)
- Luz de calle con luz de parada tipo LED
- Dispositivo de aviso de sobrecarga

• Chasis

- Rueda doble 10-20 16PR
- Estabilizadores traseros independientes
- Compartimento para las herramientas
- 4 velocidades (Alta/Econo/Baja/Lenta)
- Bloqueo de oscilación de eje delantero
- Control de crucero
- Cuchilla frontal de nivelación

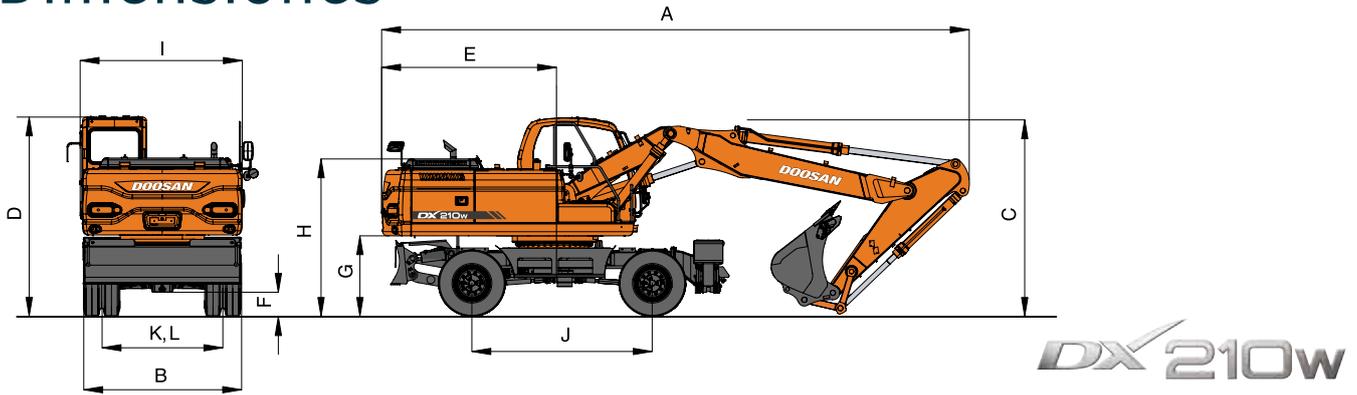
• Otros

- Filtro aire de 2 etapas con un elemento de seguridad
- Filtro antipolvo para el refrigerador
- Sistema de prevención contra sobrecalentamiento del motor
- Sistema de prevención contra reinicio del motor
- Sistema de autodiagnóstico
- Alternador 24V, 50A
- Claxon
- Faros de trabajo halógenos (2 montados en el bastidor, 2 montados en la pluma)
- Doble filtro de combustible
- Bomba de relleno del tanque de carburante

• Otros

- Línea hidráulica para pinza
- Línea hidráulica para acoplamiento rápido
- Línea hidráulica para bivalva
- Línea hidráulica para inclinación y rotación
- Filtro adicional para tubería de martillo
- Limpiaparabrisas más bajo
- Calefactor de combustible
- Pack de Luces (4 frontales & 2 traseras, rotativo telescópico y alternador de 80 Ah)
- Sistema de video con LCD color y cámara "o lux"
- Protector superior para cristal frontal
- Protector inferior para cristal frontal
- Sistema de engrase centralizado

Dimensiones

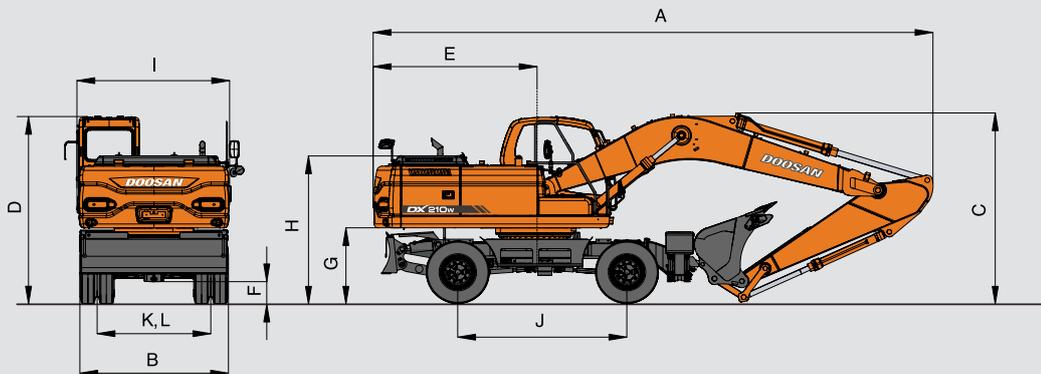


Pluma articulada – Pluma: 5.400 mm - Brazo: 2.000 / 2.400 mm

* Dimensiones

Tipo de pluma (dos piezas)	5.400 mm	
Tipo de brazo	2.000 mm	2.400 mm
A Longitud de estiba	9.275 mm	9.210 mm
B Ancho de estiba	2.500 mm	2.500 mm
C Altura de estiba (pluma)	3.140 mm	3.140 mm
D Altura sobre la cabina	3.140 mm	3.140 mm
E Radio de giro del contrapeso	2.750 mm	2.750 mm
F Altura libre al suelo	350 mm	350 mm
G Altura libre al contrapeso	1.259 mm	1.259 mm
H Altura a la tapa del motor	2.485 mm	2.485 mm
I Ancho superior del carrozado	2.530 mm	2.530 mm
J Batalla	2.850 mm	2.850 mm
K, L Vía	1.914 mm	1.914 mm

Pluma mono – Pluma: 5.600 - Brazo: 2.750 / 3.000 mm

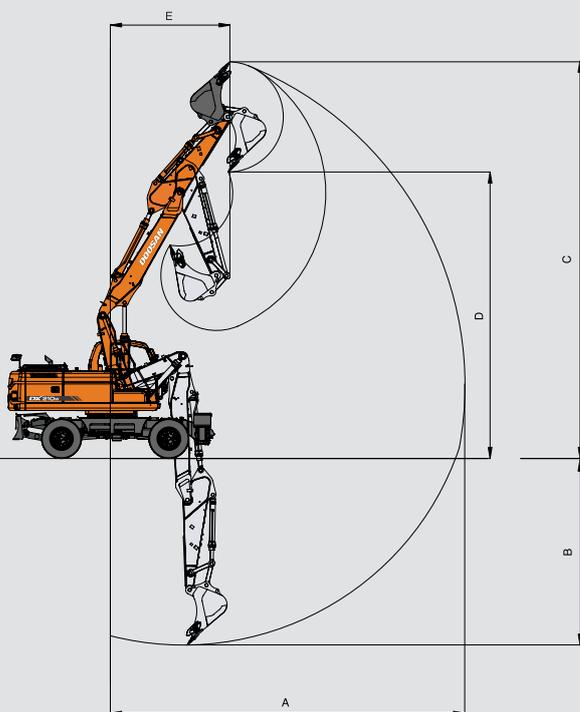


* Dimensiones

Tipo de pluma (una pieza)	5.600 mm	
Tipo de brazo	2.750 mm	3.000 mm
A Longitud de estiba	9.420 mm	9.400 mm
B Ancho de estiba	2.500 mm	2.500 mm
C Altura de estiba (pluma)	3.200 mm	3.490 mm
D Altura sobre la cabina	3.140 mm	3.140 mm
E Radio de giro del contrapeso	2.750 mm	2.750 mm
F Altura libre al suelo	350 mm	350 mm
G Altura libre al contrapeso	1.259 mm	1.259 mm
H Altura a la tapa del motor	2.485 mm	2.485 mm
I Ancho superior del carrozado	2.530 mm	2.530 mm
J Batalla	2.850 mm	2.850 mm
K, L Vía	1.914 mm	1.914 mm

Radios de acción

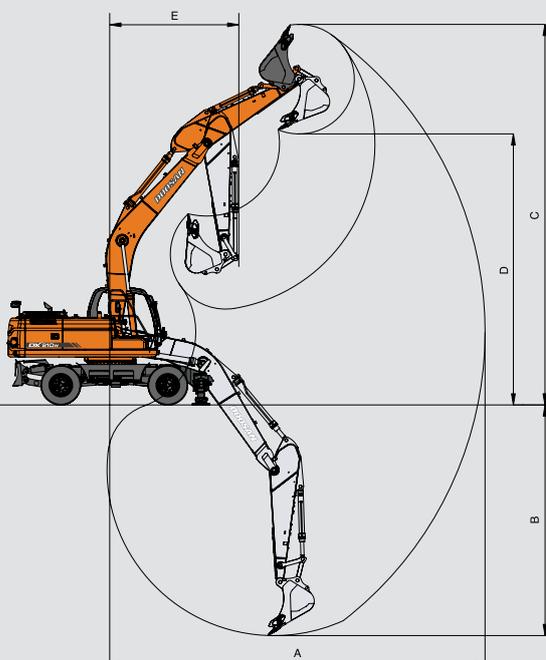
Pluma articulada – Pluma: 5.400 mm



* Radio de acción

Tipo de pluma (dos piezas)		5.400 mm	
Tipo de brazo		2.000 mm	2.400 mm
A.	Radio máx. de excavación mm	9.005	9.405
B.	Profundidad máx. de excavación mm	5.225	5.625
C.	Altura máx. de excavación mm	10.210	10.560
D.	Altura máx. de carga mm	7.275	7.620
E.	Radio mín. de carga mm	3.380	3.185

Pluma mono – Pluma: 5.600 mm



* Radio de acción

Tipo de pluma (una pieza)		5.600 mm	
Tipo de brazo		2.750 mm	3.000 mm
A.	Radio máx. de excavación mm	9.730	10.000
B.	Profundidad máx. de excavación mm	6.010	6.255
C.	Altura máx. de excavación mm	9.800	10.050
D.	Altura máx. de carga mm	7.020	7.250
E.	Radio mín. de carga mm	3.375	3.440

* Fuerzas de excavación (ISO)

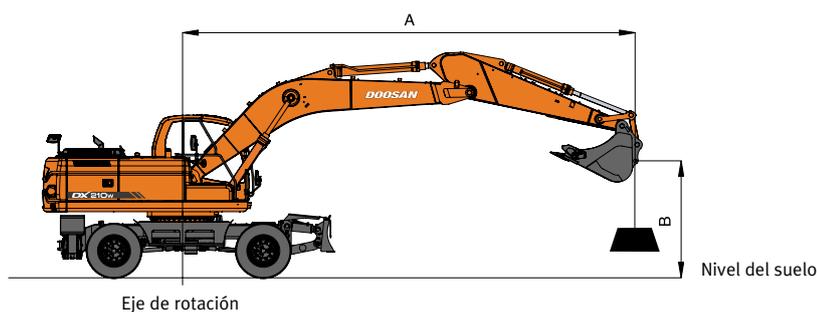
Cazo (PCSA) 0,86 m³ (std)

Fuerza de excavación* 12.500 kgf
99,5 kN

Brazo	2.000 mm	2.400 mm	2.750 mm	3.000 mm
Fuerza de excavación*	12.100 kgf	10.800 kgf	9.700 kgf	9.300 kgf
	91,3 kN	95,2 kN	105,95 kN	118,7 kN

* Fuerza máx.

Capacidad de elevación



DX210W

Configuración de serie – Pluma mono

Estabilizador delantero y teja de nivelación trasera bajado – Pluma: 5.600 mm - Brazo: 2.750 mm - Sin cazo

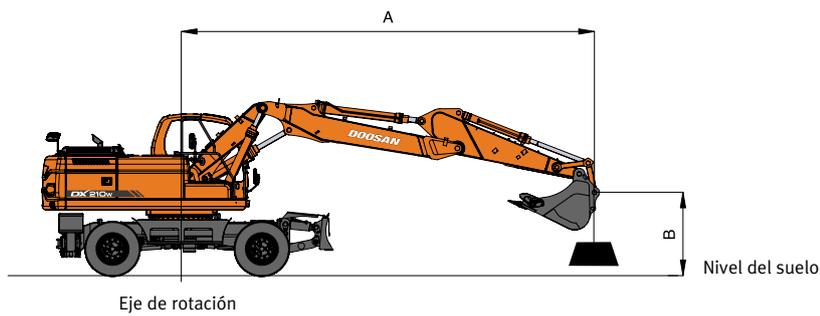
Unidades: 1.000 kg

A (m)	2		3		4		5		6		7		8		Radio de acción máximo		A (m)
8															*5,68	*5,68	5,24
7									*5,45	*5,45					*5,44	*5,44	6,24
6									*5,48	*5,48					*5,39	5,32	6,95
5							*6,22	*6,22	*5,76	*5,76	*5,47	5,25			*5,40	4,74	7,46
4			*11,02	*11,02	*8,34	*8,34	*7,00	*7,00	*6,20	*6,20	*5,69	5,19			*5,43	4,39	7,81
3			*3,94	*3,94	*9,91	*9,91	*7,86	*7,86	*6,71	6,46	*5,98	5,13	*5,49	4,20	*5,49	4,19	8,01
2					*11,20	*11,20	*8,65	8,38	*7,19	6,35	*6,26	5,06	*5,61	4,16	*5,57	4,10	8,08
1			*1,92	*1,92	*11,39	*11,39	*9,19	8,24	*7,55	6,25	*6,47	5,00	*5,68	4,13	*5,66	4,11	8,03
o (Suelo)			*4,71	*4,71	*11,93	11,79	*9,40	8,15	*7,73	6,19	*6,55	4,96			*5,75	4,23	7,84
-1	*4,77	*4,77	*7,77	*7,77	*11,58	*11,58	*9,29	8,11	*7,66	6,16	*6,43	4,94			*5,85	4,47	7,52
-2	*8,13	*8,13	*11,42	*11,42	*10,85	*10,85	*8,83	8,12	*7,29	6,16	*5,97	4,95			*5,91	4,92	7,04
-3	*11,85	*11,85	*11,86	*11,86	*9,69	*9,69	*7,95	*7,95	*6,46	6,20					*5,91	5,71	6,36
-4			*9,52	*9,52	*7,90	*7,90	*6,38	*6,38							*5,71	*5,71	5,41

Estabilizador delantero y teja de nivelación trasera bajado – Pluma: 5.600 mm - Brazo: 3.000 mm - Sin cazo

Unidades: 1.000 kg

A (m)	2		3		4		5		6		7		8		Radio de acción máximo		A (m)
8															*5,41	*5,41	5,66
7									*5,18	*5,18					*5,19	*5,19	6,6
6									*5,24	*5,24	*5,18	*5,18			*5,12	*5,12	7,28
5							*5,94	*5,94	*5,54	*5,54	*5,28	*5,28			*5,15	4,68	7,76
4			*10,16	*10,16	*7,90	*7,90	*6,72	*6,72	*6,00	*6,00	*5,53	5,44	*5,24	4,44	*5,22	4,36	8,09
3			*7,11	*7,11	*9,49	*9,49	*7,60	*7,60	*6,53	*6,53	*5,84	5,37	*5,37	4,40	*5,27	4,17	8,29
2					*10,86	*10,86	*8,43	*8,43	*7,04	6,64	*6,15	5,29	*5,53	4,36	*5,34	4,09	8,36
1			*2,72	*2,72	*11,67	*11,67	*9,04	8,61	*7,44	6,53	*6,39	5,22	*5,64	4,32	*5,43	4,09	8,31
o (Suelo)			*4,69	*4,69	*11,90	*11,90	*9,33	8,50	*7,67	6,46	*6,52	5,17	*5,63	4,29	*5,52	4,20	8,13
-1	*4,40	*4,40	*7,28	*7,28	*11,67	11,67	*9,30	8,45	*7,66	6,42	*6,46	5,15			*5,60	4,42	7,82
-2	*7,36	*7,36	*10,52	*10,52	*11,05	*11,05	*8,94	8,44	*7,38	6,41	*6,12	5,15			*5,67	4,82	7,36
-3	*10,73	*10,73	*12,44	*12,44	*10,01	*10,01	*8,18	*8,18	*6,70	6,44					*5,68	5,51	6,71
-4			*10,26	*10,26	*8,40	*8,40	*6,83	*6,83							*5,54	*5,54	5,82



Configuración de serie – Pluma articulada

Estabilizador delantero y estabilizador trasero bajado – Pluma: 5.400 mm - Brazo: 2.000 mm - Sin cazo

Unidades: 1.000 kg

A (m) \ B (m)	3		4		5		6		7		Radio de acción máximo		A (m)
7m					*6,37	*6,37					*6,35	*6,35	5,40
6m					*6,49	*6,49	*6,17	*6,17			*6,15	*6,15	6,21
5m	*10,28	*10,28	*8,11	*8,11	*6,99	*6,99	*6,34	*6,34			*6,07	5,43	6,77
4m			*9,57	*9,57	*7,73	*7,73	*6,71	6,49	*6,12	5,13	*6,06	4,96	7,15
3m			*11,07	*11,07	*8,51	8,46	*7,15	6,39	*6,31	5,08	*6,09	4,70	7,37
2m			*5,60	*5,60	*9,12	8,30	*7,52	6,30	*6,50	5,03	*6,174	4,59	7,45
1m			*6,49	*6,49	*9,42	8,20	*7,74	6,23	*6,58	4,99	*6,20	4,61	7,39
o (Suelo)			*10,27	*10,27	*9,38	8,15	*7,73	6,19	*6,49	4,97	*6,26	4,78	7,19
-1m	*7,06	*7,06	*10,90	*10,90	*9,00	8,15	*7,44	6,18			*6,29	5,14	6,84
-2m	*11,43	*11,43	*9,89	*9,89	*8,24	8,18	*6,73	6,22			*6,24	5,80	6,30

Teja de nivelación delantera y estabilizador trasero bajado – Pluma: 5.400 mm - Brazo: 2.400 mm - Sin cazo

Unidades: 1.000 kg

A (m) \ B (m)	2		3		4		5		6		7		Radio de acción máximo		A (m)
8													*6,20	*6,20	4,81
7							*5,88	*5,88					*5,87	4,85	5,89
6							*6,07	*6,07	*5,80	4,72			*5,74	4,02	6,64
5					*7,51	*7,51	*6,60	6,12	*6,04	4,66	*5,73	3,69	*5,70	3,55	7,17
4			*12,32	*12,32	*8,92	8,32	*7,35	5,96	*6,45	4,57	*5,90	3,65	*5,71	3,27	7,53
3			*12,32	*12,32	*10,45	7,97	*8,18	5,78	*6,93	4,47	*6,15	3,59	*5,75	3,10	7,74
2					*10,27	7,70	*8,89	5,62	*7,36	4,37	*6,39	3,54	*5,81	3,03	7,82
1					*9,00	7,56	*9,32	5,51	*7,66	4,30	*6,55	3,49	*5,89	3,03	7,76
o (Suelo)			*2,96	*2,96	*11,08	7,51	*9,41	5,45	*7,75	4,25	*6,55	3,46	*5,96	3,12	7,57
-1			*7,40	*7,40	*11,30	7,51	*9,18	5,43	*7,58	4,23	*6,31	3,45	*6,02	3,31	7,23
-2	*8,47	*8,47	*12,13	*12,13	*10,43	7,56	*8,59	5,45	*7,07	4,24			*6,03	3,66	6,73

1. La fuerzas nominales se basan en la Norma SAE J1097.

2. El punto de carga es el gancho de la parte posterior de la cuchara.

3. * = Cargas nominales basadas en la capacidad hidráulica.

4. Cargas nominales no superiores al 87% de la capacidad hidráulica o al 75% de la capacidad de basculación.

: Fuerza nominal

: Fuerza nominal en el lateral o a 360°



Doosan Infracore
Construction Equipment



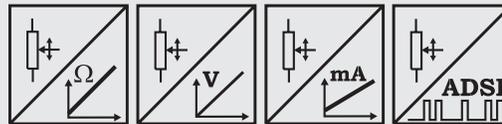
Anexo 2: Datasheet sensor de distancia por cable WS12

Model WS12 with analog or SSI output



Sensor for hostile environments

- Protection class IP67
- Measurement ranges: 0 ... 100 mm to 0 ... 3000 mm
- Analog output 0 ... 10 V, 4 ... 20 mA, potentiometer or A/D converted synchronous serial output (SSI)



Specifications	Outputs	Potentiometer: 1 kΩ Voltage: 0...10 V Current: 4...20 mA, 2 or 3 wire Voltage and current output, adjustable A/D converted synchronous serial max. 16 bit (SSI)
	Resolution	Essentially infinite / ADSI16: max. 16 bit full scale
Material	Aluminium and stainless steel. Cable: stainless steel	
Sensing device	Precision potentiometer	
Connector	Male socket 8 pin (M12 or DIN 45326)	
Linearity	Up to ±0.05 % full scale	
Protection class	IP67 (only when the electrical plug is correctly assembled and connected)	
Weight (approx.)	≤1500 mm: 1 kg; ≥2000 mm: 1.5 kg	
Environmental		
EMC	Refer to output specification	
Temperature	Refer to output specification	

Order Code WS12

Analog

Model Name WS12 - [] - [] - [] - [] - []

Measurement Range (in mm)
100 / 125 / 375 / 500 / 750 / 1000 / 1250 / 1500 / 2000 / 2500 / 3000

Outputs (see pages 57 ff.)

R1K = Potentiometer 1 kΩ (other values on request)
 10V = with 0 ... 10 V Signal Conditioner
 420A = with 4 ... 20 mA Signal Conditioner (2 wire)
 420T = with 4 ... 20 mA Signal Conditioner (3 wire)
 PMU = with 0...10/4...20 mA Signal Conditioner, adjustable
 ADSI16 = with A/D converted synchronous serial output 16 bit (option: 12, 14 bit)

Linearity
 L10 = ±0.10 % option: L05 = ±0,05 % L25 = ±0.25 %

Cable fixing
 M4 = M4 cable fixing
 SB0 = Cable clip

Connection
 M12 = 8 pin socket M12
 D8 = 8 pin socket DIN 45326

Order Code Mating Connector (see accessories p. 82) D8: **CONN-DIN-8F-W** M12: **CONN-M12-8F-G**

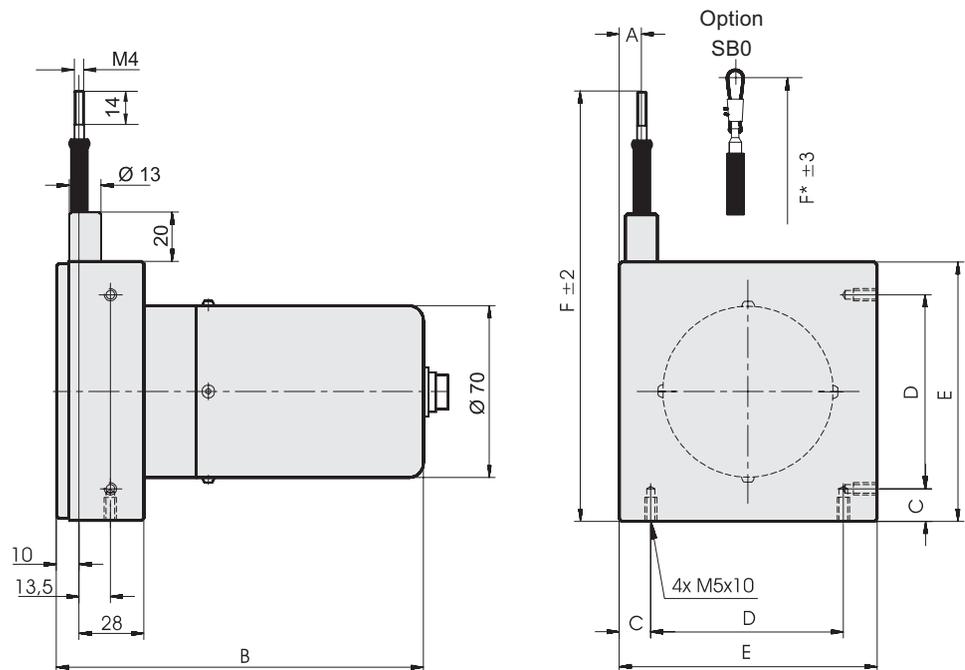
Order Example: WS12 - 2500 - 10V - L10 - M4 - M12

Model WS12 with analog or SSI output



Cable Forces typical at 20 °C	Range	Maximum Pull-out Force	Minimum Pull-in Force
	[mm]	[N]	[N]
	100	5.2	2.8
	125	4.6	2.5
	375	7.5	3.7
	500	5.9	2.6
	750	7.5	3.3
	100	5.5	2.4
	1250	4.8	2.1
	1500	10.4	6.4
	2000	8.1	5.0
	2500	6.7	4.0
	3000	6.2	3.0

Outline drawing



Dimensions informative only.
For guaranteed dimensions consult factory

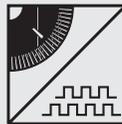
Dimensions	Range	A	B (ADSI16)	C...E	F (F*)
	[mm]				
	100; 500; 1000	18,5	112 (137)	C=14, D=43, E=71	141 (149)
	125; 1250	15,0	112 (137)		
	1500	11,0	127 (152)		
	2000	22,0	127 (152)	C=15, D=79, E=109, F=182±3	179 (187)
	2500	13,5	127 (152)		
	3000	9,5	127 (152)		

Model WS12 with incremental encoder output



Sensor for hostile environments

- Protection class IP67
- Measurement ranges:
0 ... 1250 mm to 0 ... 3000 mm
- Incremental encoder output



Specifications	Outputs	Incremental encoder output for reliable data transmission. The output is compatible with TTL and HTL.
Resolution	5 or 10 pulses per mm (1/40 mm with external edge counting mode)	
Material	Aluminium and stainless steel. Cable: stainless steel	
Sensing device	Incremental encoder	
Connector	Male socket 8 pin (M12 or DIN 45326)	
Linearity	±0.05 % full scale	
Protection Class	IP67 (only when the electrical plug is correctly assembled and connected)	
Weight	Up to 1500 mm: 1 kg approx. 2000 mm and greater: 1.5 kg approx.	
Environmental		
EMC	Refer to output specification	
Temperature	Refer to output specification	

Order Code WS12 Incremental	Model Name	WS12 - [] - [] - [] - [] - []
Measurement Range (in mm)	1250 (all smaller ranges included) / 1500 / 2000 / 2500 / 3000	
Pulses per mm	10 = 10 Pulses per mm (1250, 1500 mm) 5 = 5 Pulses per mm (2000, 2500, 3000 mm)	
Output (see page 60)	IE24LI = Incremental output TTL compatible inverted IE24HI = Incremental output HTL compatible inverted PP530 = Do not use for further developments	
Cable fixing	M4 = M4 cable fixing SB0 = cable clip	
Connection	M12 = 8 pin socket M12 D8 = 8 pin socket DIN 45326	

Order Code Mating Connector (see accessories p. 82) D8: **CONN-DIN-8F-W** M12: **CONN-M12-8F-G**

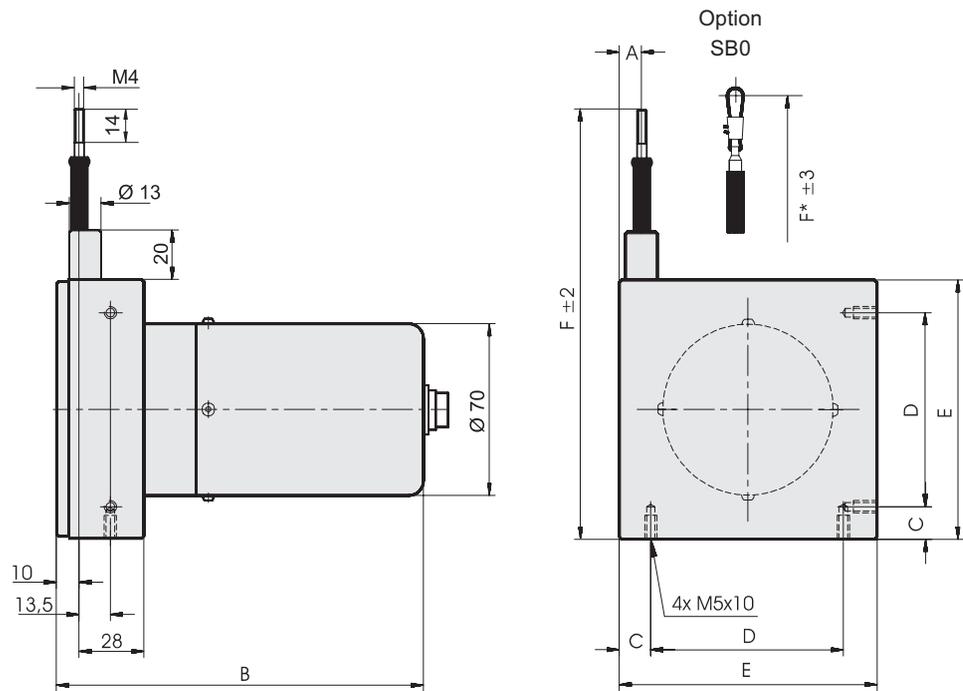
Order Example: WS12 - 1500 - 10 - IE24HI - M4 - M12

Model WS12 with incremental encoder output



Cable Forces typical at 20 °C	Range [mm]	Max. Pull-out Force [N]	Min. Pull-in Force [N]
	1250	6.6	2.7
	1500	10.6	6.5
	2000	5.7	4.1
	2500	5.7	4.1
	3000	5.8	4.0

Outline drawing



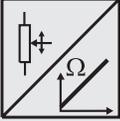
Dimensions informative only.
For guaranteed dimensions consult factory

Dimensions	Range [mm]	A	B	C	D	E	F (F*)
	1250	18,5	137	14	43	71	141 (149)
	1500	11	152	14	43	71	141 (149)
	2000	9,5	152	15	79	109	179 (187)
	2500	9,5	152	15	79	109	179 (187)
	3000	9,5	152	15	79	109	179 (187)

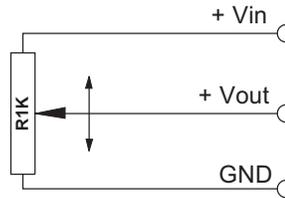
Output Specifications

R1K and 10V for WS position sensors

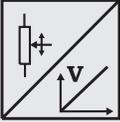


Voltage divider R1K Potentiometer 	Excitation Voltage	32 VDC max. at 1 kΩ (input power 1 W max.)
	Potentiometer Impedance	1 kΩ ±10%
	Thermal coefficient	±25 x 10 ⁻⁶ / °C full scale
	Sensitivity	Depends on measurement range, individual sensitivity of sensor specified on label
	Voltage Divider Utilization Range	Approx. 3% ... 97% of full range
	Operating Temperature	-20 ... +85 °C

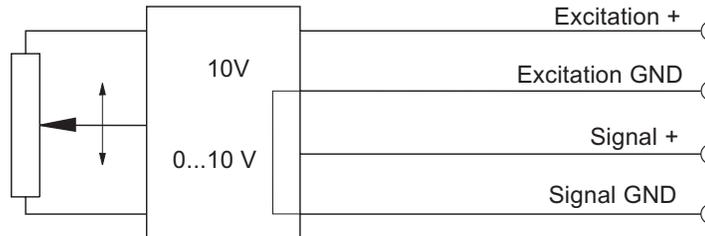
Signal diagram



Note: The potentiometer must be connected as a voltage divider. The input impedance of the following processing circuit should be 10 MΩ min.

Signal conditioner 10V Voltage output 	Excitation Voltage	+18 ... +27 V DC non stabilized
	Excitation Current	20 mA max.
	Output Voltage	0 ... +10 V DC
	Output Current	2 mA max.
	Output Load	> 5 kΩ
	Stability (Temperature)	±50 x 10 ⁻⁶ / °C full scale
	Protection	Reverse polarity, short circuit
	Output Noise	0,5 mV _{RMS}
	Operating Temperature	-20 ... +85 °C
	EMC	According to EN 61326:2004

Signal diagram

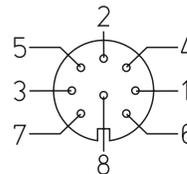


Signal Wiring	Output signals		Cable color	Connector pin no.
	R1K	10V		
	+ Vin	Excitation +	White	1
	GND	Excitation GND	Brown	2
	+ Vout	Signal +	Green	3
		Signal GND	Yellow	4

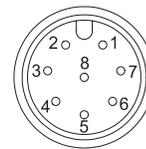
Connection

Mating Connector

View to solder terminals



CONN-DIN-8F-W

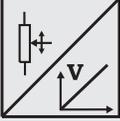


CONN-M12-8F-G

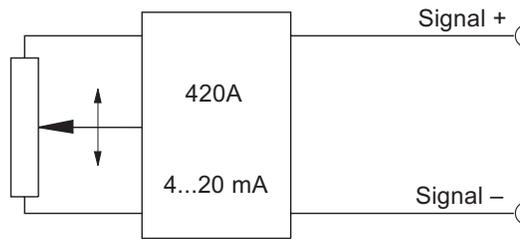
Output Specifications

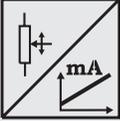
420A and 420T for WS position sensors



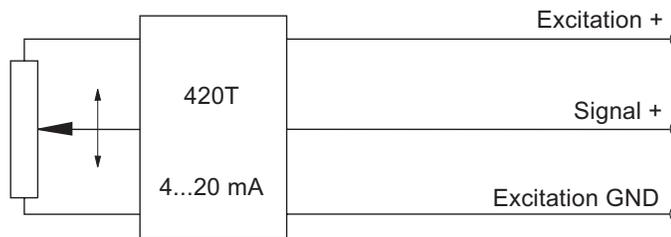
Signal conditioner 420A Current output (2 wire) 	Excitation Voltage	+12 ... 27 VDC non stabilized, measured at the sensor terminals
	Excitation Current	35 mA max.
	Output Current	4 ... 20 mA equivalent to 0 ... 100% range
	Stability (Temperature)	$\pm 100 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ full scale
	Protection	Reverse polarity, short circuit
	Output Noise	0.5 mV _{RMS}
	Operating Temperature	-20 ... +85 °C
	EMC	According to EN 61326:2004

Signal Diagram



Signal Conditioner 420T Current output (3 wire) 	Excitation Voltage	+18...+27 V DC non stabilized
	Excitation Current	40 mA max.
	Load Resistor	350 Ω max.
	Output Current	4 ... 20 mA equivalent to 0 ... 100% range
	Stability (Temperature)	$\pm 50 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ full scale
	Protection	Reverse polarity, short circuit
	Output Noise	0.5 mV _{RMS}
	Operating Temperature	-20 ... +85 °C
	EMC	According to EN 61326:2004

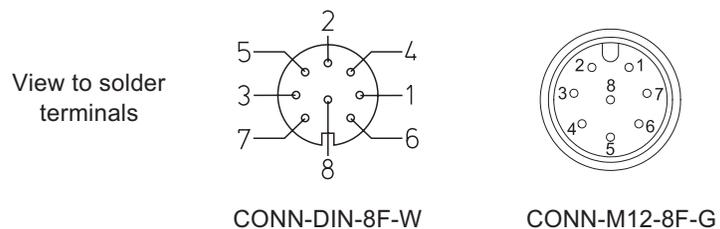
Signal diagram



Signal Wiring	Output signals		Cable color	Connector pin no.
	420A	420T		
Signal +		Excitation +	White	1
Signal -		Excitation GND	Brown	2
		Signal +	Green	3

Connection

Mating Connector

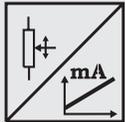
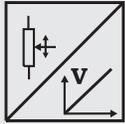


Output Specification

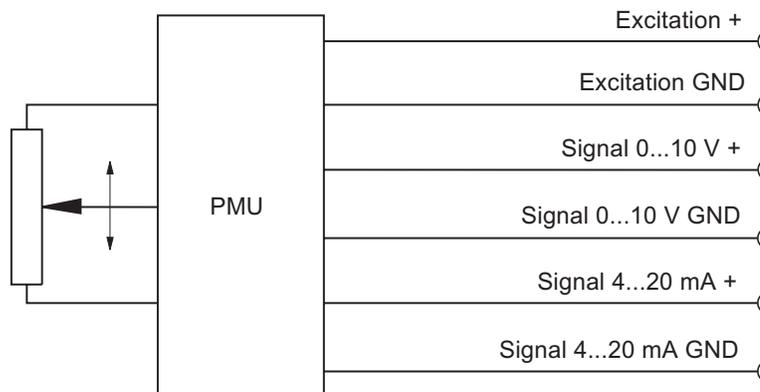
PMU for WS position sensors



Signal Conditioner PMU, adjustable Voltage output and current output (3 wire)	Excitation voltage	+18 ... 27 V DC
	Excitation current	50 mA max.
	Voltage output	0 ... 10 V
	Output current	10 mA max.
	Output load	1 k Ω min.
	Current output	4 ... 20 mA (3 wire)
	Load resistor	500 Ω max.
	Adjustment	
	Activation of offset and gain adjust	Connect with excitation GND (0 V)
	Scalable range	90 % max. full scale
	Stability (Temperature)	$\pm 50 \times 10^{-6}$ / $^{\circ}\text{C}$ full scale
	Protection	Reverse polarity, short circuit
	Output noise	1 mV _{eff}
Operating temperature	-20 ... +85 $^{\circ}\text{C}$	
EMC	According to EN 61326:2004	



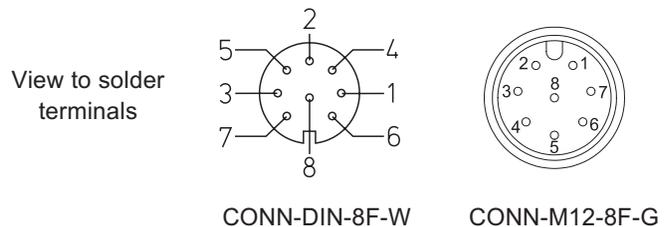
Signal diagram



Signal wiring	Output signals	Connector pin no.
	Excitation +	1
	Excitation GND	2
	Signal 0...10 V +	3
	Signal 0...10 V GND	4
	Signal 4...20 mA +	5
	Signal 4...20 mA GND	6
	Offset	7
	Gain	8

Connection

Mating Connector



Output Specification

ADSI16 for WS position sensors



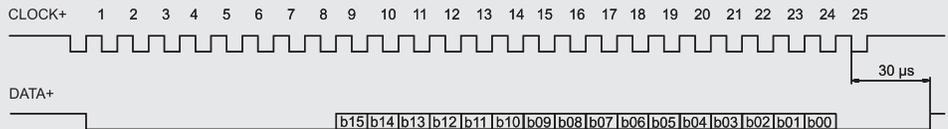
- Resolution 16 bit, data transmission synchronous serial/SSI
- Optional available with 12 bit (ADSI) or 14 bit (ADSI14) resolution
- No loss of data at power-down
- Easy to connect to PLC's with SSI input circuit

Description

The sensing device of the ADSI is a precision potentiometer. The position information is given by an analog/digital converter output serialized as a data word. Data transmission takes place by means of the signals CLOCK and DATA. The processing unit (PLC, Micro-computer) sends pulse sequences which clock the data transmission with the required transfer rate. With the first falling edge of a pulse sequence the position of the sensor is recorded and stored. The following rising edges control the bit-by-bit A/D conversion, encoding and output of the data word. After a delay time the next new position information will be transmitted.

Data Format

(Train of 26 Pulses)



Signal Conditioner

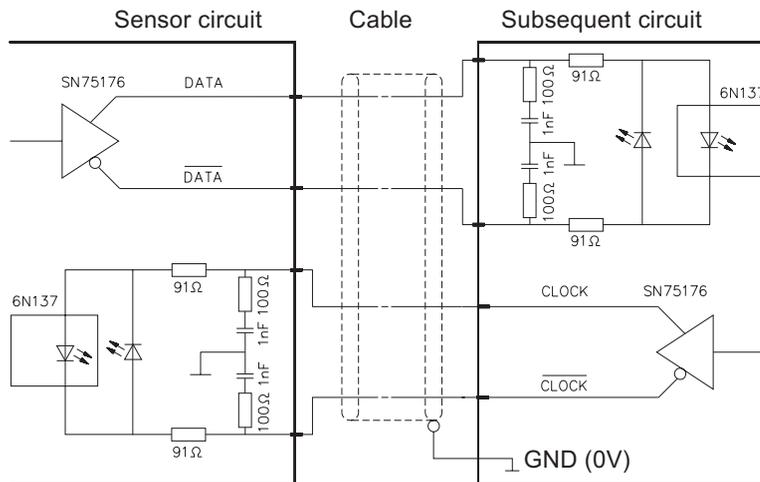
ADSI

A/D converted synchronous serial



Output	EIA RS-422, RS-485, short-circuit proof
Excitation voltage	11 ... 27 VDC
Excitation current	200 mA max.
Clock frequency	70 ... 500 kHz
Code	Gray code, continuous progression
Delay between pulse trains	T=30 μs min.
Resolution	16 bit (65536 counts) full scale; optional 12 bit or 14 bit
Stability (temperature)	±50 x 10 ⁻⁶ / °C full scale
Operation temperature	-20 ... +85 °C
EMC	According to EN 61326:2004

Recommended Processing Input Circuit



Transmission rate

Cable length	Baud rate
< 50 m	< 300 kHz
< 100 m	< 100 kHz

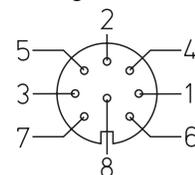
Note:

Extension of the cable length will reduce the maximum transmission rate. The signals CLOCK/CLOCK and DATA/DATA must be connected in a twisted pair cable, shielded per pair and common.

Signal Wiring

Signal names	Connector pin no.
Excitation +	1
Excitation GND (0V)	2
CLOCK	3
CLOCK	4
DATA	5
DATA	6
Screen	not connected

Mating connector: view to solder terminals



CONN-DIN-8F-W



CONN-M12-8F-G

Output Specifications

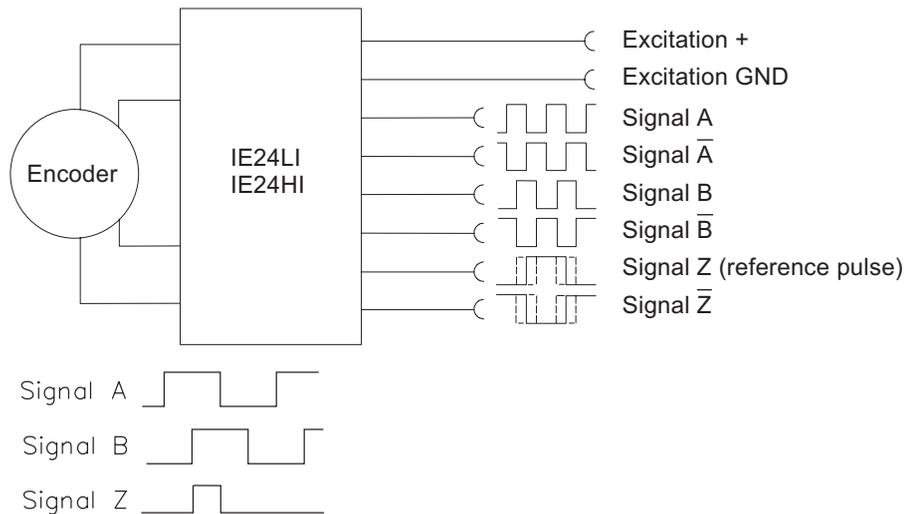
IE24LI and IE24HI for WS position sensors



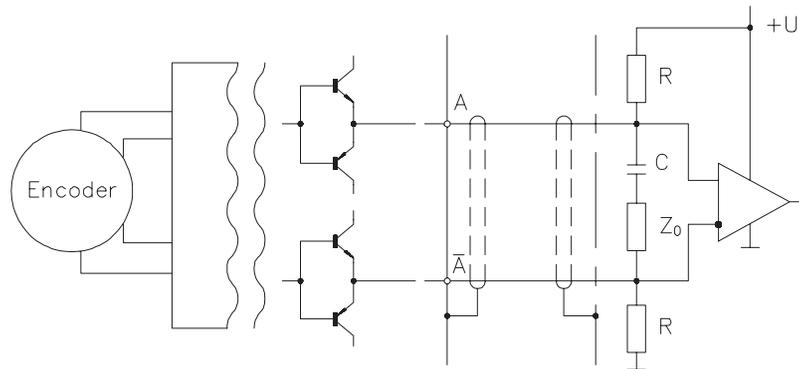
IE24LI and IE24HI incremental	IE24LI		IE24HI
	Excitation voltage	5 V DC $\pm 10\%$	
Excitation current	100 mA max.		
Output frequency	200 kHz		
Output	Push-pull and inverted signals		
Output current	10 mA max.		
Output voltage	Depending on the excitation voltage		
Stability (temperature)	$\pm 20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ f.s. (sensor mechanism)		
Operation temperature	-20 ... +85 $^\circ\text{C}$		
Protection	Short circuit		
EMC	According to EN 61326:2004		



Output signals



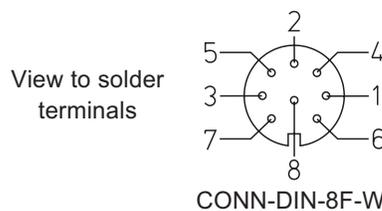
Output circuit and recommended processing input circuit



Signal wiring	Output signals	Cable color	Connector pin no.
	Excitation +	Brown	1
	Excitation GND	White	2
	Signal B (A + 90°)	Grey	3
	Signal A	Green	4
	Signal B-bar	Pink	5
	Signal A-bar	Yellow	6
	Signal Z (reference pulse)	Blue	7
	Signal Z-bar	Red	8

Connection

Mating connector



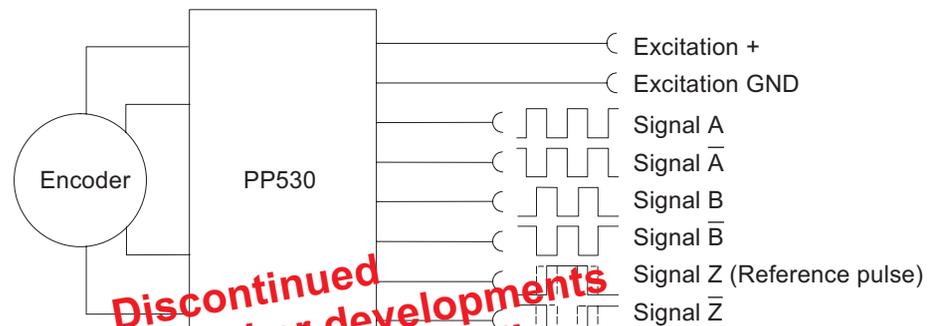
Output Specification

PP530 for WS position sensors



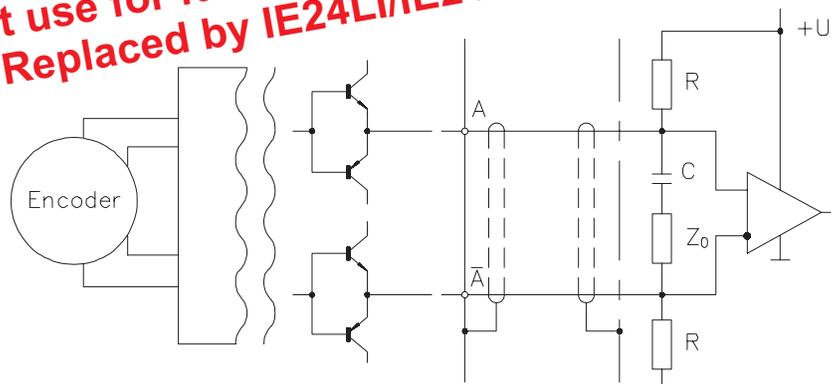
Signal Conditioner PP530 Incremental 	Excitation Voltage	+5 ... +30 VDC
	Excitation Current	200 mA max.
	Output Frequency	200 kHz max.
	Output	Linedriver, Push-Pull, CMOS, TTL and HTL compatible
	Output Current	30 mA max., short circuit protection
	Output Voltage	Depends on the excitation voltage (e.g. to obtain TTL-signals the excitation must be 5 V.) Compatible to EIA RS-422/RS-485
	Stability (Temperature)	$\pm 20 \times 10^{-6} / K$ full scale (sensor mechanism)
	Operation Temperature	-10 ... +70 °C
	Storage Temperature	-30 ... +80 °C
	Transition Time Positive Edge	250 ns
	Transition Time Negative Edge	250 ns
	Protection	Reverse polarity, short circuit
	EMC	According to EN61326:2004

Signal Diagram



Recommended Processing Circuit

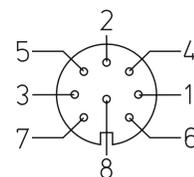
Discontinued
 Don't use for further developments
 Replaced by IE24LI/IE24HI



Signal Levels	Excitation	Level	$I_a \leq 5 \text{ mA}$	$I_a \leq 25 \text{ mA}$	$-I_a \leq 5 \text{ mA}$	$-I_a \leq 25 \text{ mA}$
	5 V	U_{aHigh}	>4.2 V	>4.2 V	>4.1 V	>3.8 V
	5 V	U_{aLow}	<0.5 V	<1.2 V	<0.4 V	<0.4 V
	24 V	U_{aHigh}	>23.5 V	>23.5 V	>23.5 V	>22.5 V
24 V	U_{aLow}	<0.5 V	<1.2 V	<0.4 V	<0.4 V	

Signal Wiring / Connection	Output signals	Connector CONN-DIN-8F
	Excitation +	1
	Excitation GND (0V)	2
	Signal B (A + 90°)	3
	Signal A	4
	Signal B-bar	5
	Signal A-bar	6
	Signal Z (reference pulse)	7
	Signal Z-bar	8

Mating connector
View to solder terminals



CONN-DIN-8F-W

Anexo 3: Detector inductivo XS4P18PA370E1

XS4P18PA370

detector inductivo XS4 - M18 cilíndrico - Sn 8 mm - cable 2 m



Principal

Rango de producto	OsiSense XS
Tipo de cuerpo	Fijo
Tipo de señal de salida	Discreta
Técnica de cableado de detector	3 hilos
Intervalo sensible de Sd	> 4...8 mm
Distancia de detección nominal	8 mm
Nombre de serie	Finalidad general
Función de salida digital	1 NO
Tipo de salida digital	PNP
Conexión eléctrica	Cable
Tipo de detector	Sensor de proximidad inductivo
Longitud de cable	2 m
Tensión de alimentación	12...48 V CC con protección de polaridad inversa
Capacidad de conmutación en mA	≤ 200 mA CC con protección de sobrecarga y cortocircuito
Aplicación específica producto	-
Nombre de detector	XS4
Grado de protección IP	Doble aislamiento IP68 de acuerdo con IEC 60529
Diseño del detector	M18 cilíndrico
Tamaño	60 mm

Complementario

Capacidad de montaje empotrado	Montaje no empotrado
Material	Plástico
Material de envolvente	PPS
Zona operativa	0...6,4 mm
Desplazamiento del diferencial	1..0,15% de Sr
Tipo circuito de salida	CC
Composición del cable	3 x 0,34 mm ²
Material aislamiento cables	PvR
LED de estado	1 LED (amarillo) para estado de salida
Límites de tensión de alimentación	10...58 V CC
Frecuencia de conmutación	≤ 2000 Hz
Caída de tensión	≤ 2 V , cerrado estdo
Consumo de corriente	0...10 mA (sin carga)
Primera temporización	≤ 10 ms
Respuesta del relé	≤ 0,15 ms
Recuperación de temporización	≤ 0,35 ms
DESC	CE
Longitud roscada	51,5 mm
Longitud	60 mm
Peso del producto	0,1 kg
Rosca ISO	M18 x 1
Lado de detección	Frontal

Entorno

Certificados de producto	CCC CSA UL
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C
Resistencia a las vibraciones	25 gn , amplitud: +/-2 mm (f = 10...55 Hz) de acuerdo con IEC 60068-2-6
Resistencia a los choques	50 gn (duración = 11 ms) de acuerdo con IEC 60068-2-27
RoHS EUR conformidad de fecha	0808
RoHS EUR status	Adecuado

Anexo 4: Aceite hidráulico Cepsa HL46

CEPSA HIDRÁULICO HLP

Descripción



Aceite lubricante formulado con bases parafínicas altamente refinadas y con una aditivación seleccionada que le confiere las propiedades antidesgaste adecuadas a los servicios a los que va destinado.

Utilización de producto

- Especialmente recomendado para Sistemas Hidráulicos de Uso Universal, donde se precise un fluido de alta relación prestaciones/costes.
- Formulación adecuada para satisfacer las exigencias de los sistemas hidrostáticos de alta presión (equipados con bombas de engranajes, paletas y pistones).
- Recomendado para muchos sistemas por circulación, en la lubricación de Cojinetes y Engranajes Industriales que precisen bajas viscosidades.
- El Grado ISO-VG 46 cubre las exigencias de viscosidad de la mayoría de los sistemas hidráulicos, simplificando el stock a utilizar en cualquier planta o equipo.
- El Grado ISO-VG 68, es más apropiado en sistemas hidráulicos que operan a Altas Temperaturas.

Prestaciones de producto

- Adecuada capacidad de separación de la contaminación por agua.
- Elevada resistencia a la formación de espuma.
- Elevada capacidad antidesgaste.
- Bajo mantenimiento adecuado, evita la formación de lodos y depósitos.
- Alta protección contra la corrosión y la herrumbre.
- Adecuada resistencia al deterioro por oxidación.
- Elevada filtrabilidad.

Niveles de Calidad

• DIN 51524 Parte 2 (HLP)	• ISO 6743-4 (HM)	• AFNOR NF E 48-603 HM
---------------------------	-------------------	------------------------

Características Típicas

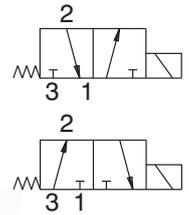
CARACTERÍSTICAS	NORMA ASTM	CEPSA HIDRÁULICO HLP	
		46	68
Grado ISO			
Densidad 15 °C, kg/l	D-4052	0,880	0,882
Punto de Inflamación V/A, °C	D-92	204	210
Punto de Congelación, °C	D-5950	-21	-18
Viscosidad a 40 °C, cSt	D-445	46,0	68,0
Índice de Viscosidad	D-2270	100	98

Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

Existe la correspondiente Ficha de Datos de Seguridad conforme a la legislación vigente, que proporciona información relativa a la peligrosidad del producto, precauciones en su manejo, medidas de primeros auxilios y datos medioambientales disponibles.

Anexo 5: Electroválvula

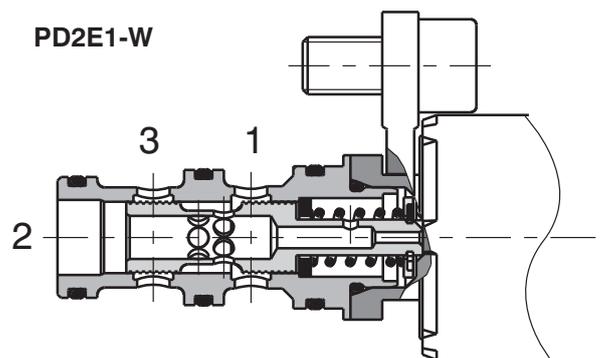
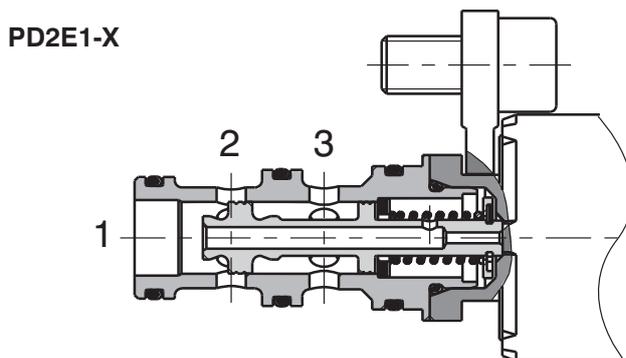
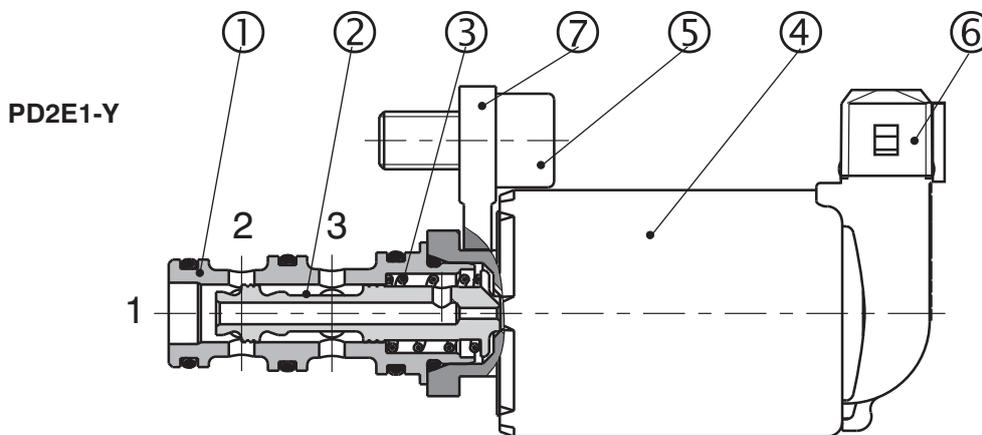
- 3/2 way valves construction
- Reducing valves suitable for mobile applications
- Compact design
- Economical Slip-In
- Two cavities sizes



Functional Description

This directly-controlled electromagnetic distributor, in the 3/2 arrangement, is used mostly for opening, blocking and direction controlling of the flow of liquids. The distributor consists of the housing (1), control gate valve (2), counter-spring (3) and magnet coil (4). The electromagnet coil is pressed on (and thus fixed to) the valve control system. The direct current electromagnet coils are supplied for 12 V and 24 V voltage levels.

Once the fixing screw is released, it is possible to turn the distributor around its axis by 360° and change thus the connector socket position (6). The fixing screw (5) and fork (fastening member) (7) form also a part of the supply. In basic variant a part of the valve is exhibited to influence of the environmental atmosphere and the coil zinc plated.



Ordering Code

<p>3/2 Way cartridge Directional Valve Solenoid Operated Slip-In</p> <p>Type of construction 1</p> <p>Valve cavity D17 (mm) (0.669 in) Y D20 (mm) (0.787 in) W D20 (mm) (0.787 in) X</p> <p>Number of connections 3</p> <p>Number of operating positions 2</p>	<p>PD2E - / - </p>	<p>Seals no designation V NBR FPM (Viton)</p> <p>Electronics E3 with AMP-Junior-Timer-connector E4 with integrated quenching diode and terminal for AMP-Junior-Timer E12A connector with DEUTSCH DT 04-2P E13A with integrated quenching diode and terminal for DEUTSCH DT 04-2P</p> <p>Nominal supply voltage 12 V DC / 1,67 A 24 V DC / 0,84 A</p> <p>Functional Symbols D21 D26</p>
---	---	--

Functional Symbols

Designation	Symbol	Interposition	Designation	Symbol	Interposition
2D21			2D26		

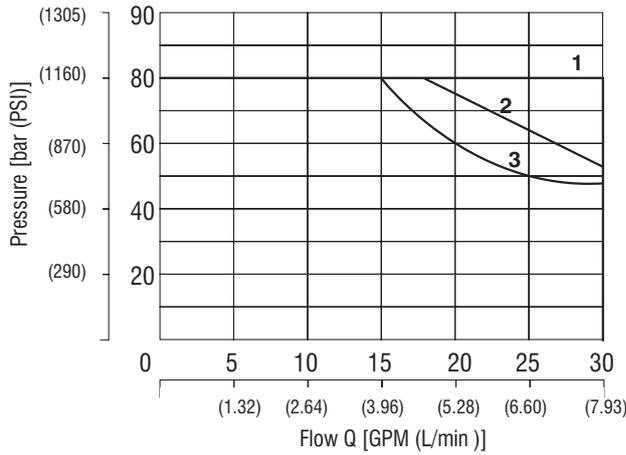
Technical Data

		Standard	
		D17	D20
Mounting mode			
Maximum flow	L/min (GPM)	30 (7.93)	
Max.operating pressure in Canals Y, X -2, 3, W-3	bar (PSI)	80 (1160)	
Max.operating pressure in Canals Y, X -1, W-2	bar (PSI)	30 (435)	
Pressure drop	bar (PSI)	see Δp-Q characteristic	
Hydraulic fluid		Hydraulic oils of power classes (HL, HLP) to DIN 51524	
Fluid temperature range	°C (°F)	-30 ...90 (-22 ...194), +100 °C (212 °F for a short term)	
Ambient temperature, max.	°C (°F)	-30 ...90 (-22 ...194), +100 °C (212 °F for a short term)	
Viscosity range	mm ² /s (SUS)	10 ... 500 (49 ... 2450)	
Supply voltage	V	12 DC	24DC
Quenching (E4, E13A)		BZW06-19B	BZW06-33B
Maximum degree of fluid contamination		Class 21/18/15 according to ISO 4406	
Supply voltage	%	± 10	
Quenching (E4, E13A)	hod ⁻¹	15 000	
Duty cycle	%	100	
Enclosure type to EN 60529		IP 67	
Service life		10 ⁷	
Weight Directional Control Valves	kg (lbs)	0.2 (0.44)	
Maximum fixing bolt tightening torque	Nm (lbf.ft)	9+2 (6.64+1.48)	
Mounting position		unrestricted	

p-Q Characteristics

Measured at $v = 32 \text{ mm}^2/\text{s}$ (156 SUS)

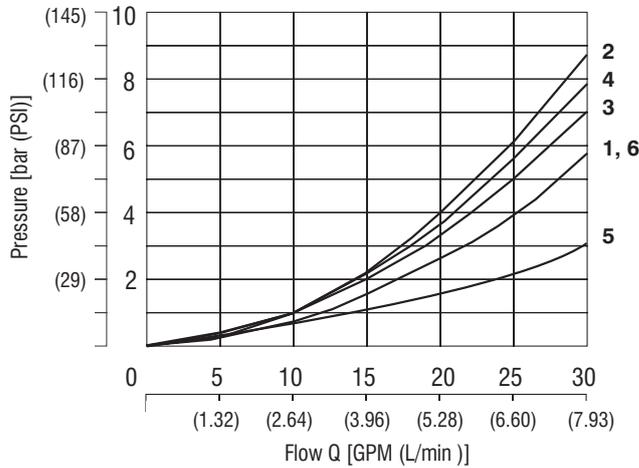
Oil 90 °C / Ambient temperature 90 °C, Voltage rating $U_n \pm 10\%$



Y3	Connection	Dirrection
1	2D21	2→1
1		3→2
1	2D26	3→2
1		2→1
X3	Connection	Dirrection
1	2D21	2→1
2		3→2
W3	Connection	Dirrection
3	2D21	2→1
1		3→2

Δp-Q Characteristics

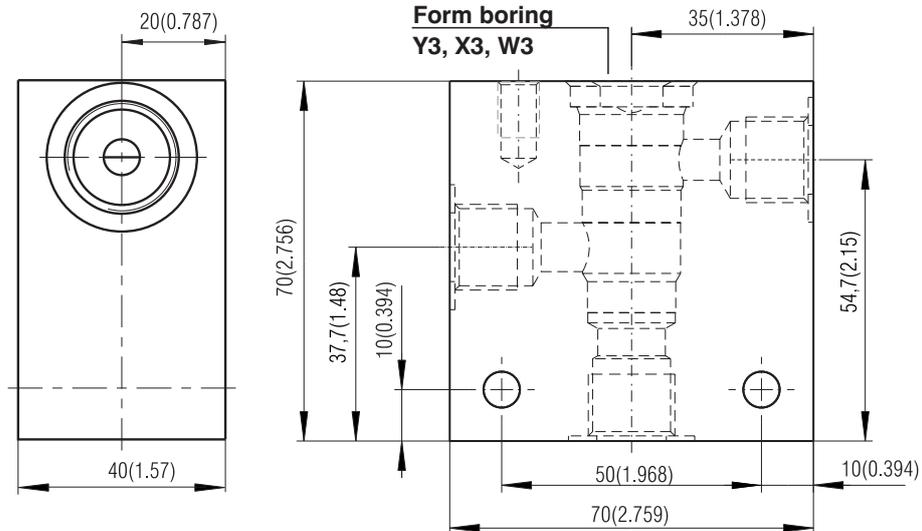
Measured at $v = 32 \text{ mm}^2/\text{s}$ (156 SUS)



Y3	Connection	Dirrection
1	2D21	2→1
2		3→2
4	2D26	2→1
2		3→2
X3	Connection	Dirrection
4	2D21	3→2
5		2→1
W3	Connection	Dirrection
1	2D21	2→1
6		3→2

Valve body

Dimensions in mm (inches)

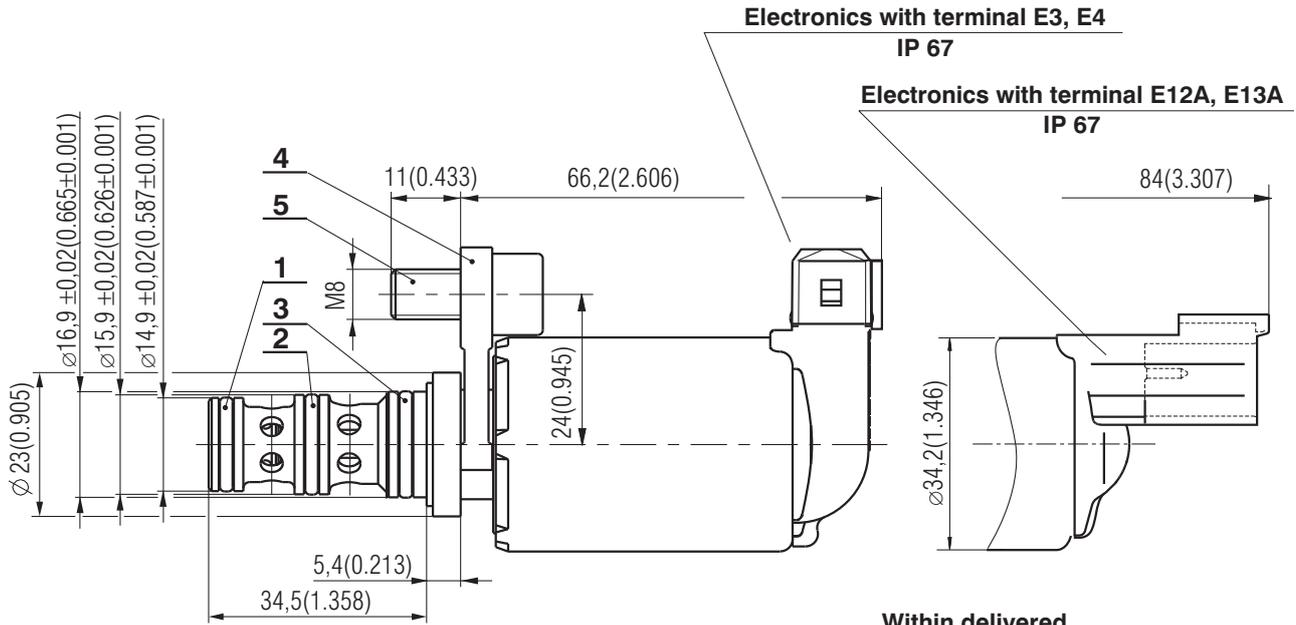


Design	Connecting size	Type code	Body material	Operating pressures
Y	G3/8	SB-Y3-0103AL	Aluminium	250 bar (3625 PSI)
W, X	G3/8	SB-W3-0103AL	Aluminium	250 bar (3625 PSI)

Valve dimensions

Dimensions in mm (inches)

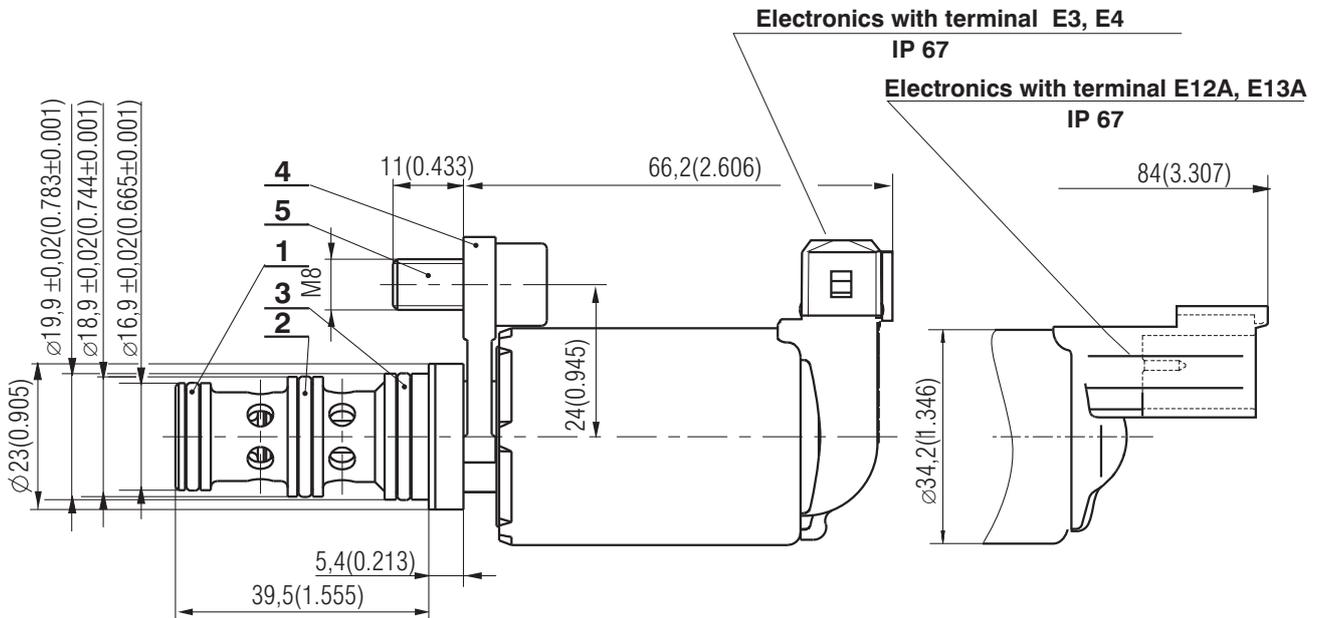
PD2E1- Y



Within delivered

- 1 O-ring 11,2x1,8 NBR 70 (1pc.)
- 2 O-ring 12,42x1,78 NBR 70 (1pc.)
- 3 O-ring 14x1,78-NBR 70 (1 pc.)
- 4 Fork Slip-In M8
- 5 Bolt M8x16 ČSN 021143

PD2E1- X, W



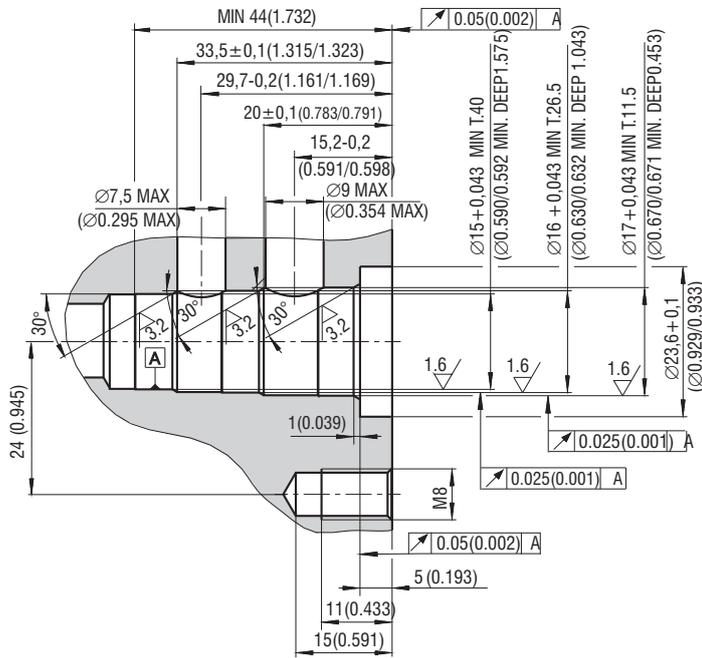
Within delivered

- 1 O-ring 14x1,78 NBR 70 (1pc.)
- 2 O-ring 16x1,8 NBR 70 (1pc.)
- 3 O-ring 17x1,8 NBR 70 (1 pc.)
- 4 Fork Slip-In M8
- 5 Bolt M8x16 ČSN 021143

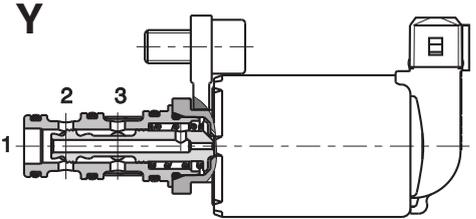
Cavity

Dimensions in mm

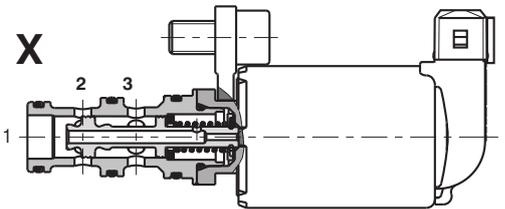
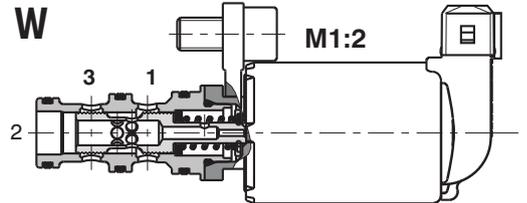
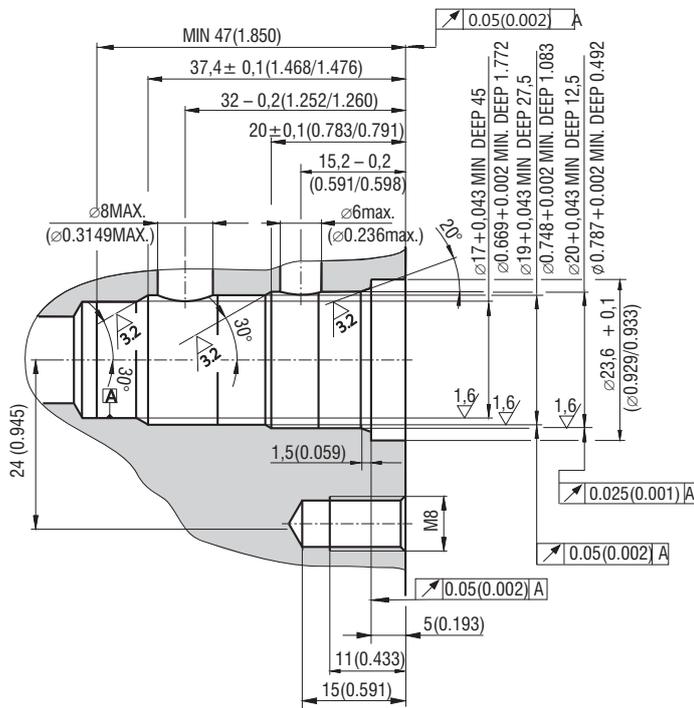
Y - \varnothing D17



M1:2



X, W - \varnothing D20



Spare parts

Seal set

Design -Standard (NBR70)	Size, number			Ordering number
Y	11,2x1,8 (1pc.)	12,42x1,78 (1pc.)	14x1,78 (1pc.)	17938600
X, W	14x1,78 (1pc.)	16x1,8 (1pc.)	17x1,8 (1pc.)	16961300
Fork+Bolt M8	Fork SLIP-IN M8 (1pc.)	Bolt M8x16 021143 Zn	PO-A (1pc.)	16961500

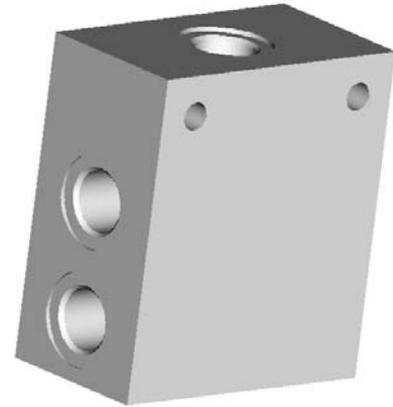
Caution!

- The plastic packaging is recyclable.
- Certified documentation is available per request.

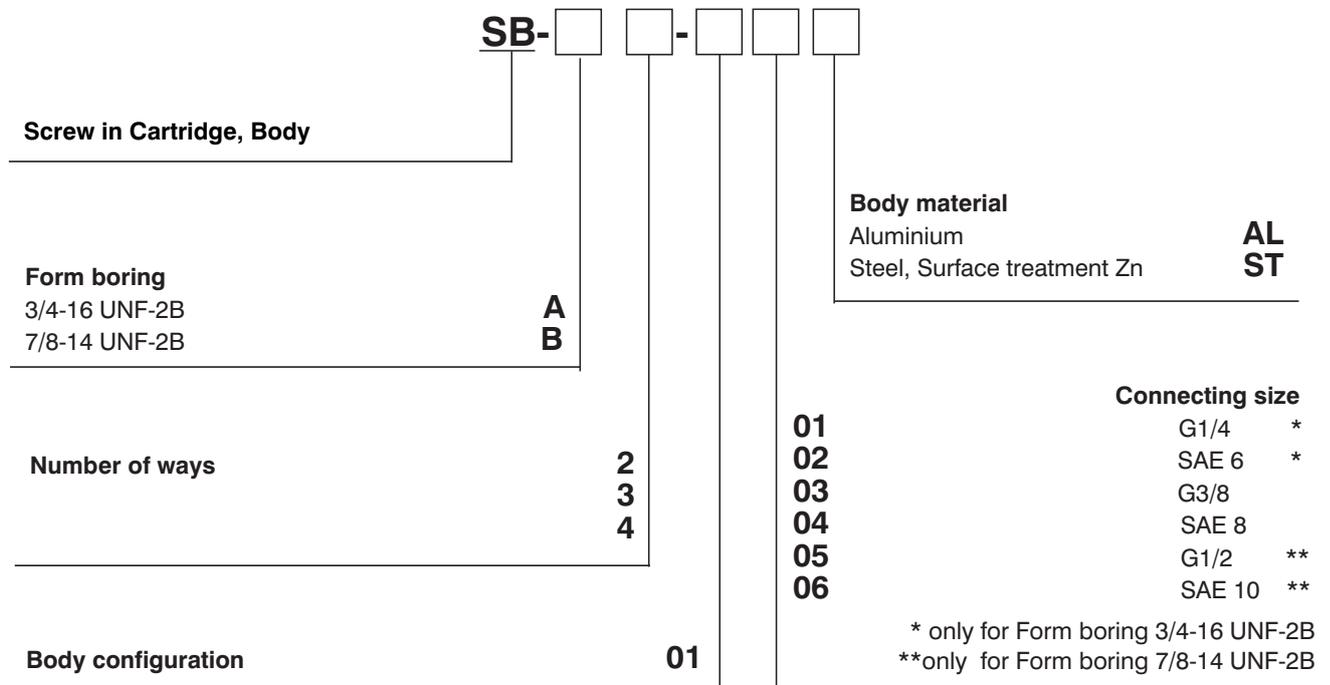
ARGO-HYTOS s.r.o. CZ - 543 15 Vrchlabí
 Tel.: +420-499-403 111
 E-mail: info.cz@argo-hytos.com
 www.argo-hytos.com

Anexo 6: Bloque de electroválvula

- Pipeline housing for cartridge valves
- Installation dimensions to ISO 4401 and SAE
- Materials available are aluminum and steel



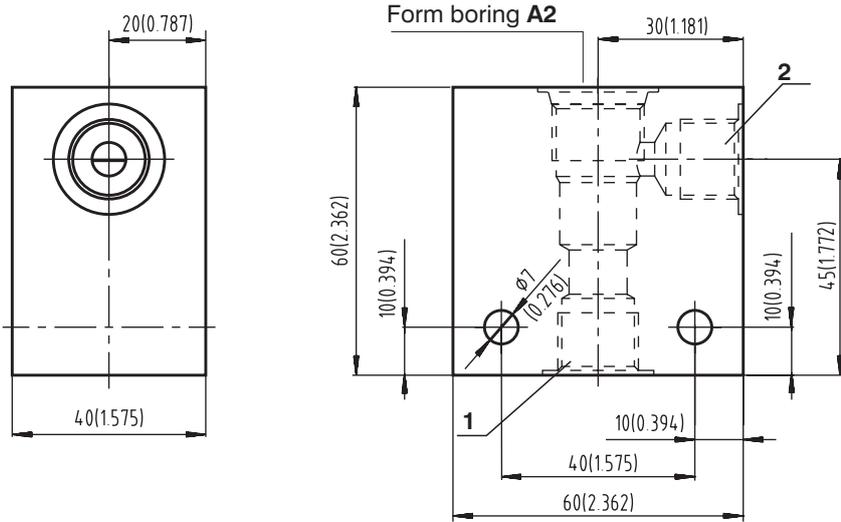
Ordering Code



Form Boring - 3/4-16 UNF-2B

Dimensions millimeters (inches)

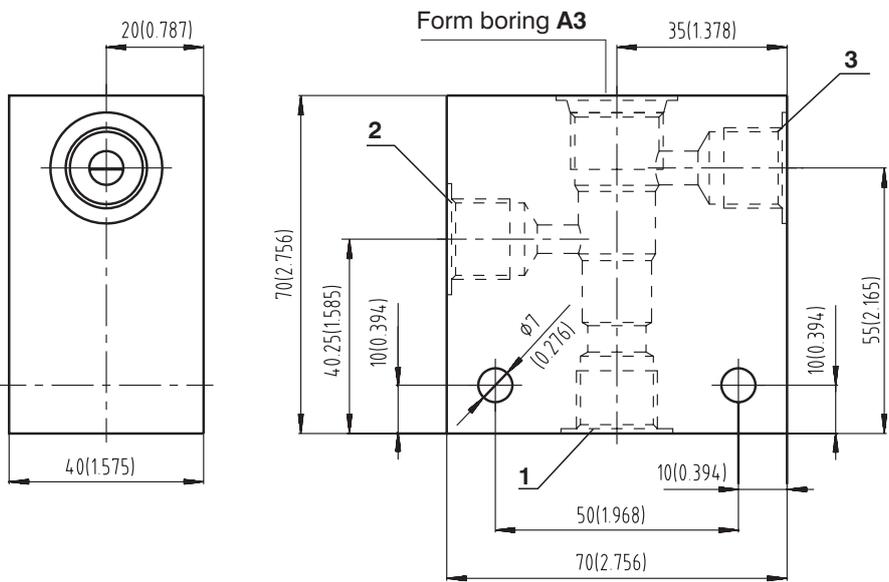
Body for 2 Way SIC Valve



Connections	
1	2
G1/4, G3/8	
SAE 6, SAE 8	

Body material	Pressure	Weight
Aluminium	up to 250 bar (3626 PSI)	0,56 kg (1,23 lbs)
Steel	up to 420 bar (6091 PSI)	1,57 kg (3.46 lbs)

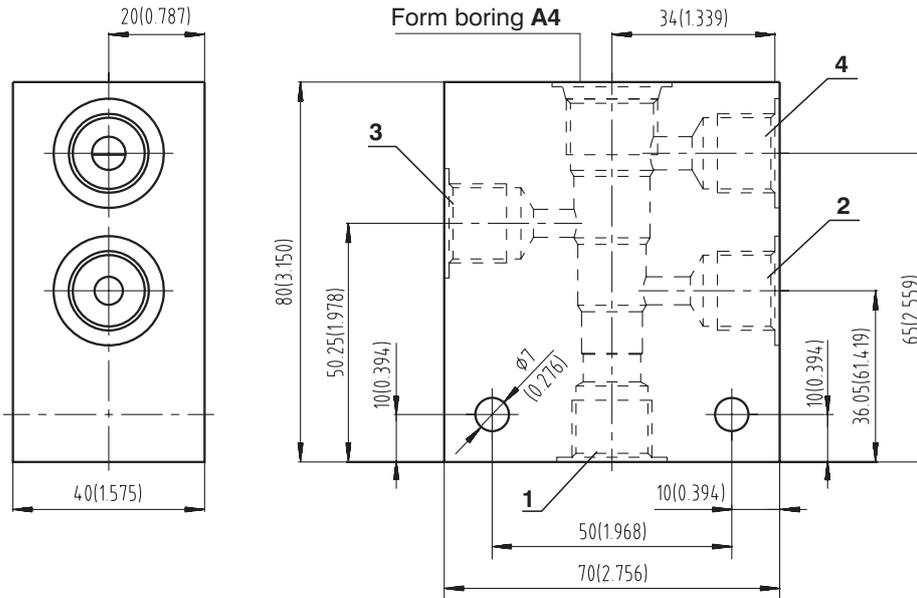
Body for 3 Way SIC Valve



Connections		
1	2	3
G1/4, G3/8		
SAE 6, SAE 8		

Body material	Pressure	Weight
Aluminium	up to 250 bar (3626 PSI)	0,63 kg (1,39 lbs)
Steel	up to 420 bar (6091 PSI)	1,78 kg (3,92 lbs)

Body for 4 Way SIC Valve

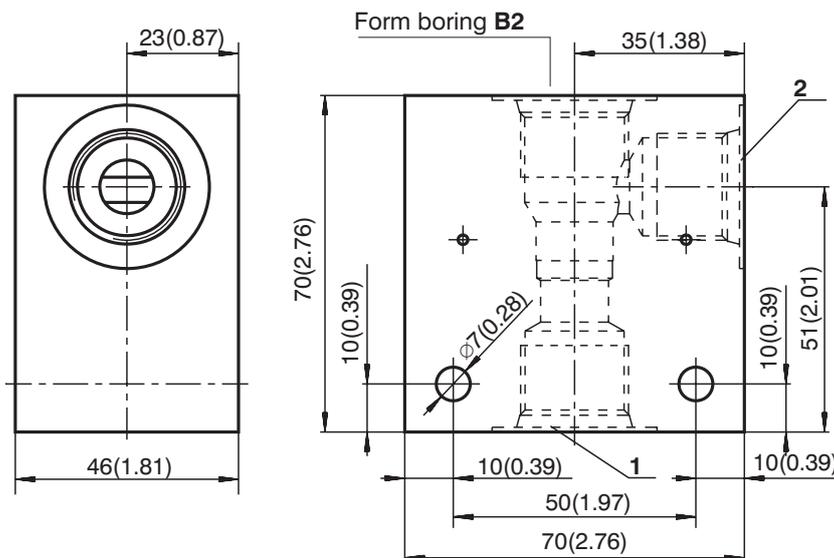


Connections			
1	2	3	4
G1/4, G3/8			
SAE 6, SAE 8			

Body material	Pressure	Weight
Aluminium	up to 250 bar (3626 PSI)	0,76 kg (1,68 lbs)
Steel	up to 420 bar (6091 PSI)	0,53 kg (4,72 lbs)

Form Boring - 7/8-14 UNF-2B

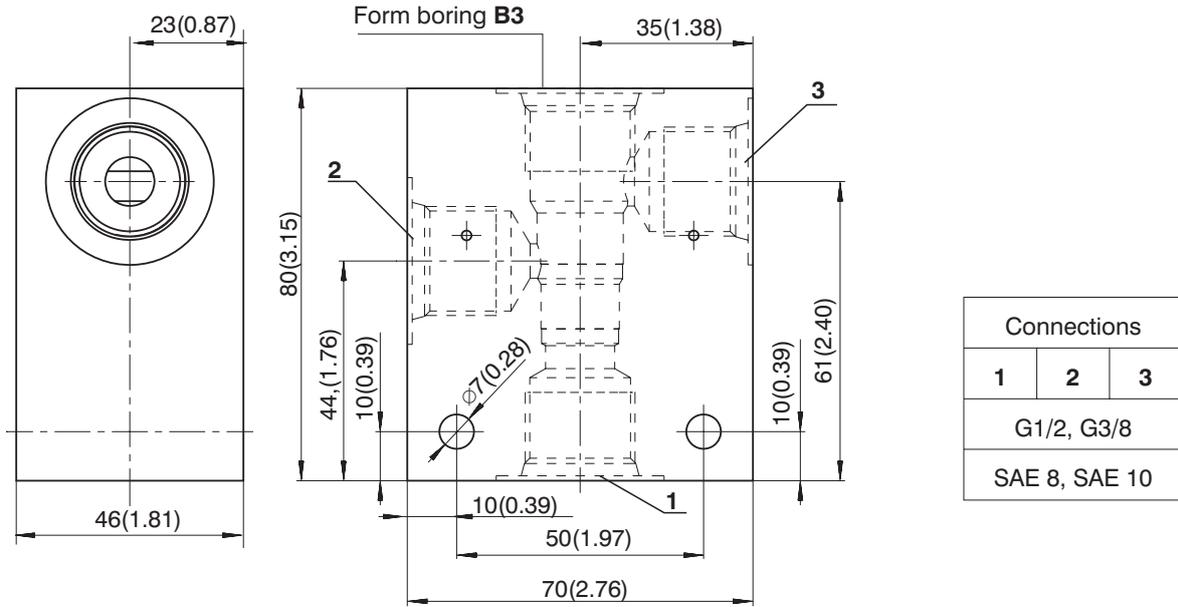
Body for 2 Way SIC Valve



Connections	
1	2
G1/2, G3/8	
SAE 8, SAE 10	

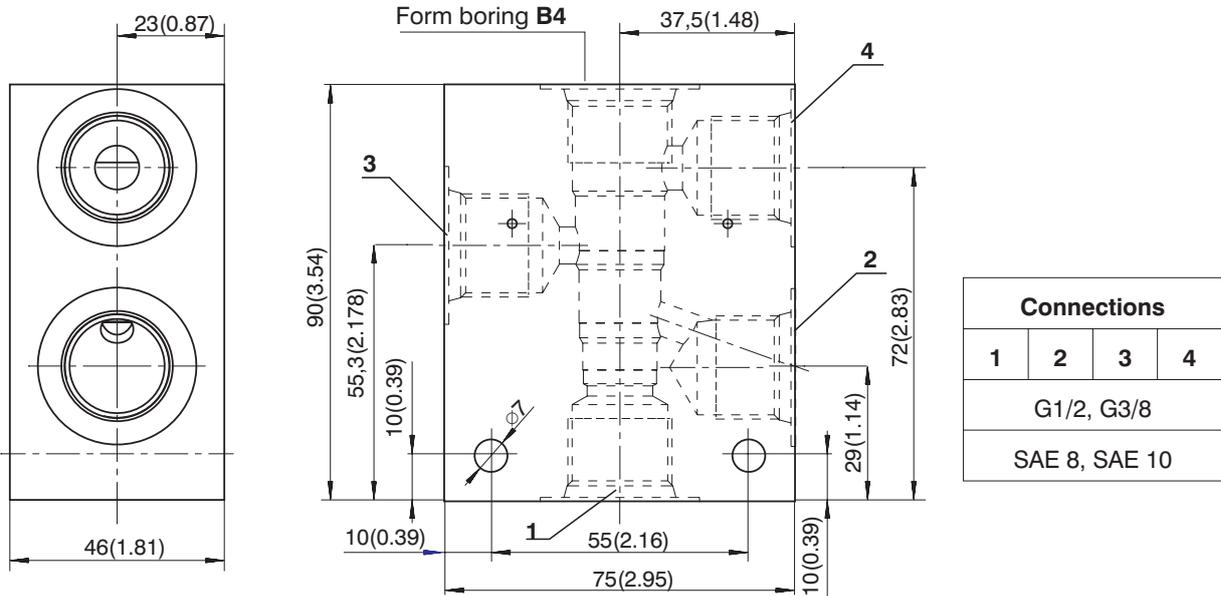
Body material	Pressure	Weight
Aluminium	up to 250 bar (3626 PSI)	0,54 kg (1,19 lbs)
Steel	up to 420 bar (6091 PSI)	1,50 kg (3.31 lbs)

Body for 3 Way SIC Valve



Body material	Pressure	Weight
Aluminium	up to 250 bar (3626 PSI)	0,60 kg (1,32 lbs)
Steel	up to 420 bar (6091 PSI)	1,68 kg (3,70 lbs)

Body for 4 Way SIC Valve



Body material	Pressure	Weight
Aluminium	up to 250 bar (3626 PSI)	0,71kg (1.57 lbs)
Steel	up to 420 bar (6091 PSI)	1,99 kg (4.39 lbs)

Caution!

- Recommended fixing bolts M6 x 55 DIN 912-10.9, bolt tightening torque 14+2 Nm (10.33+1.48 lbf.ft)
- The packing foil is recyclable.
- The technical information regarding the product presented in this catalogue is for descriptive purposes only. It should not be construed in any case as a guaranteed representation of the product properties in the sense of the law.

ARGO-HYTOS s.r.o. CZ - 543 15 Vrchlaví
 Tel.: +420-499-403111, Fax: +420-499-403421
 E-mail: sales.cz@argo-hytos.com
 www.argo-hytos.com

Anexo 7: User guide HC-SR04 sensor ultrasonido

Cytron

Technologies



User's Manual

V1.0

May 2013

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Cytron Technologies Incorporated with respect to the accuracy or use of such information or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Cytron Technologies's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Cytron Technologies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Index

1.	Introduction	3
2.	Packing List	4
3.	Product Layout	5
4.	Product Specification and Limitation	6
5.	Operation	7
6.	Hardware Interface	8
7.	Example Code	9
8.	Warranty	10

1.0 INTRODUCTION

The HC-SR04 ultrasonic sensor uses sonar to determine distance to an object like bats or dolphins do. It offers excellent non-contact range detection with high accuracy and stable readings in an easy-to-use package. From 2cm to 400 cm or 1" to 13 feet. Its operation is not affected by sunlight or black material like Sharp rangefinders are (although acoustically soft materials like cloth can be difficult to detect). It comes complete with ultrasonic transmitter and receiver module.

Features:

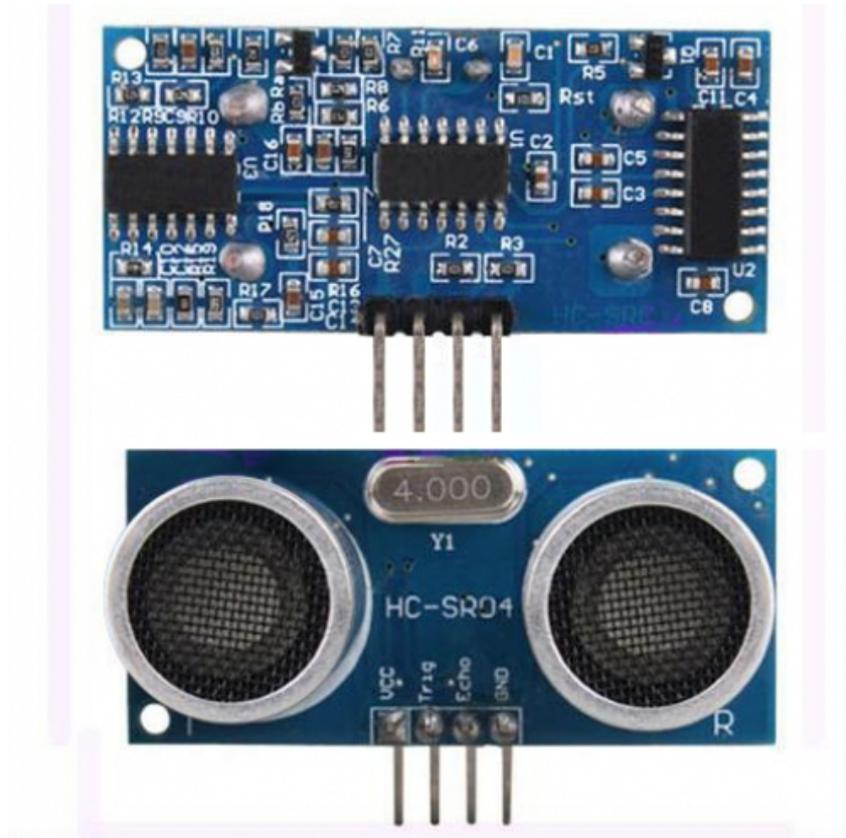
- Power Supply :+5V DC
- Quiescent Current : <2mA
- Working Current: 15mA
- Effectual Angle: <15°
- Ranging Distance : 2cm – 400 cm/1" - 13ft
- Resolution : 0.3 cm
- Measuring Angle: 30 degree
- Trigger Input Pulse width: 10uS
- Dimension: 45mm x 20mm x 15mm

2.0 PACKING LIST



1. 1 x HC-SR04 module

3.0 PRODUCT LAYOUT

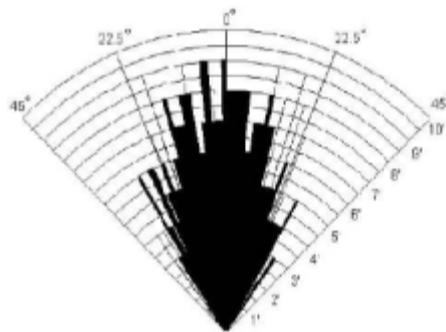
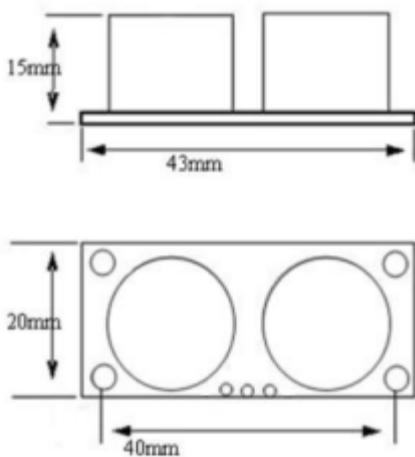


VCC = +5VDC

Trig = Trigger input of Sensor

Echo = Echo output of Sensor

GND = GND



*Practical test of performance,
Best in 30 degree angle*

4.0 PRODUCT SPECIFICATION AND LIMITATIONS

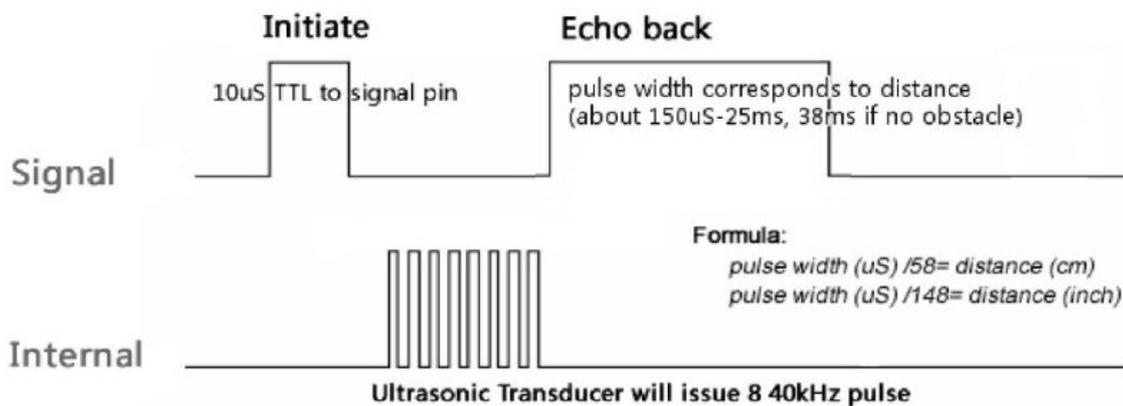
Parameter	Min	Typ.	Max	Unit
Operating Voltage	4.50	5.0	5.5	V
Quiescent Current	1.5	2	2.5	mA
Working Current	10	15	20	mA
Ultrasonic Frequency	-	40	-	kHz

5.0 OPERATION

The timing diagram of HC-SR04 is shown. To start measurement, Trig of SR04 must receive a pulse of high (5V) for at least 10us, this will initiate the sensor will transmit out 8 cycle of ultrasonic burst at 40kHz and wait for the reflected ultrasonic burst. When the sensor detected ultrasonic from receiver, it will set the Echo pin to high (5V) and delay for a period (width) which proportion to distance. To obtain the distance, measure the width (Ton) of Echo pin.

Time = Width of Echo pulse, in uS (micro second)

- Distance in centimeters = Time / 58
- Distance in inches = Time / 148
- Or you can utilize the speed of sound, which is 340m/s

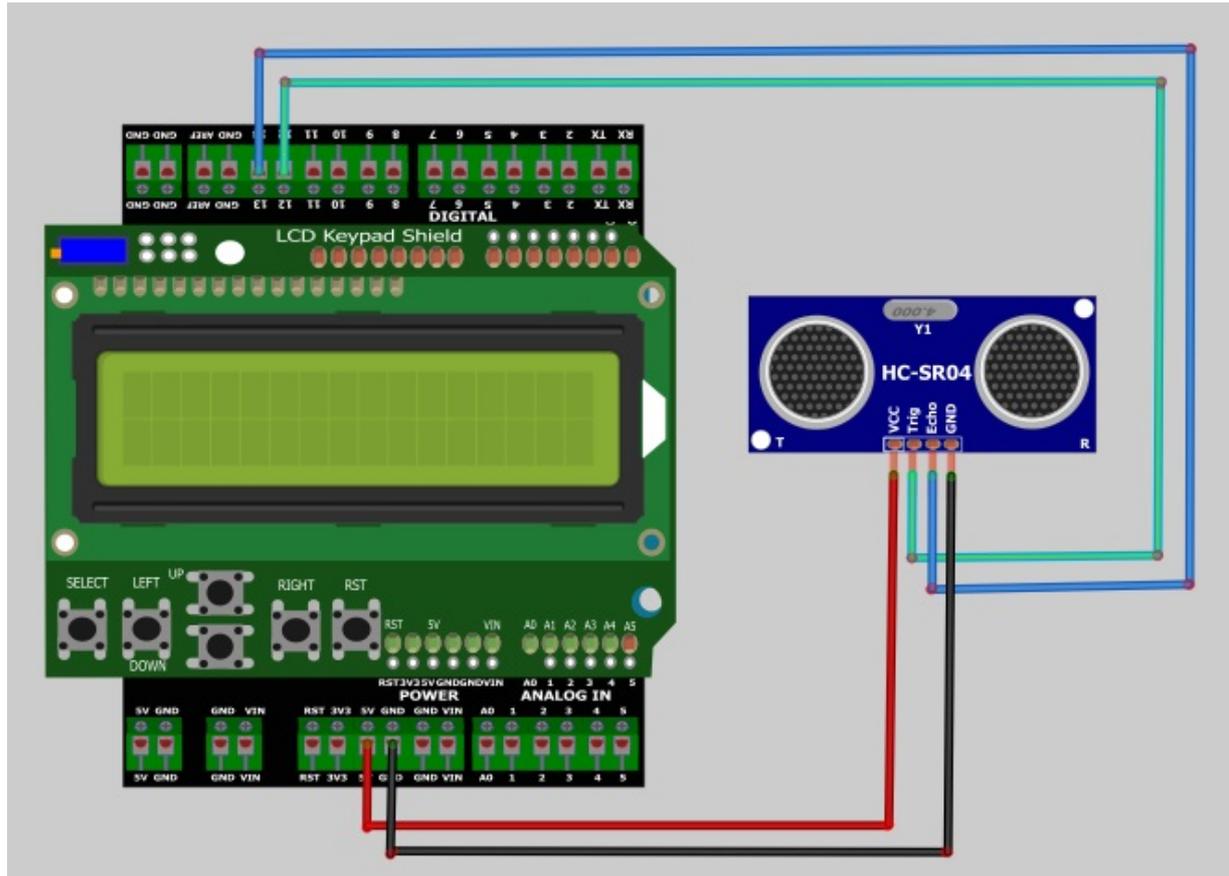


Note:

- Please connect the GND pin first before supplying power to VCC.
- Please make sure the surface of object to be detect should have at least 0.5 meter² better performance.

6.0 HARDWARE INTERFACE

Here is example connection for Ultrasonic Ranging module to Arduino UNO board. It can be interface with any microcontroller with digital input such as [PIC](#), [SK40C](#), [SK28A](#), [SKds40A](#), [Arduino series](#).



7.0 EXAMPLE CODE

This is [example code](#) Ultrasonic Ranging module. Please download the complete code at the product page.

```
#include "Ultrasonic.h"
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
Ultrasonic ultrasonic(12,13);

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("HC-SR4 testing..");
  delay(1000);
}

void loop()
{
  //lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(ultrasonic.Ranging(CM));
  lcd.print("cm  ");

  delay(100);
}
```

8.0 WARRANTY

- Product warranty is valid for 6 months.
- Warranty only applies to manufacturing defect.
- Damaged caused by miss-use is not covered under warranty
- Warranty does not cover freight cost for both ways.

Prepared by
Cytron Technologies Sdn. Bhd.
19, Jalan Kebudayaan 1A,
Taman Universiti,
81300 Skudai,
Johor, Malaysia.

Tel: +607-521 3178

Fax: +607-521 1861

URL: www.cytron.com.my

Email: support@cytron.com.my

sales@cytron.com.my

Anexo 8: Código del programa Arduino

```

//-----

// Control de artura de máquina excavadora v1.0
// Proyecto Fin de Grado - GIEIA
//
// Autor:  Álvaro Prieto Gutiérrez
// Título: Control de posicionamiento de brazo en máquina
//         excavadora mediante Arduino.
// Fecha:  Septiembre - 2014
//
// Librerías:
#include <LiquidCrystal.h> // Pantalla LCD 16x2
#include                <math.h>// Matemáticas

// Constantes:
#define btnRIGHT  0
#define btnUP     1
#define btnDOWN   2
#define btnLEFT   3
#define btnSELECT 4
#define btnNONE   5

// Variables globales
int      lcd_key      = 0;//Valor leído botones.
int      adc_key_in   = 0;//Valor leído botones ANALOGICO.
double   alturamax    = 8.80;//Valor inicial de corte Alura Max.

double   distancia1; //US1
double   distancia2; //US2
int      presencia;  //Presencia de implemento

double   valorUS1;  //Valor de pin ANALOGICO.
double   valorUS2;  //Valor de pin ANALOGICO.
double   valorPresencia; //Valor de pin ANALOGICO.

double   alturaP;   //Altura total por cilindro pluma.
double   b_pluma    = 189.46; //Valor de ecuación pluma [cm].
double   alturaB;   //Altura total por cilindro brazo.
double   b_balancin_ABAJO=917.51; //Valor de ec. balancín [cm].
double   pendiente_ABAJO = 2.98; //Valor pendiente balancín [cm].
double   b_balancin_ARRIBA=854.03; //Valor de ec. balancín [cm].

```

```

double    pendiente_ARRIBA = 1.52; //Valor pendiente balancín [cm].

double    distancia; //Variable entrada a función.
double    b_balancin; //Variable entrada a función.

double    alturaR; //Altura total real (Extraída a
                //partir de condiciones entre
                //pluma y balancín.

// Se instancia el LCD con los pines indicados
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);

// Función 1: Lectura de botones
int read_LCD_buttons()
    { //Empieza una función.
    adc_key_in = analogRead(0); // Leer el valor analógico
    //de cada botón.
    //Los valores de cada botón son: 0, 144, 329, 504, 741.
    if (adc_key_in > 1000) return btnNONE;
    if (adc_key_in < 50) return btnRIGHT;
    if (adc_key_in < 250) return btnUP;
    if (adc_key_in < 450) return btnDOWN;
    if (adc_key_in < 650) return btnLEFT;
    if (adc_key_in < 850) return btnSELECT;
    return btnNONE; // Retorna si no es ningún valor anterior.
    }

// Función 2: Leer datos distancia US1 / Balancín
double alturaUS1()
    {
    valorUS1 = analogRead(A15); //Leer valor US1
    distancia1 = valorUS1/3.333; //Dividirlo entre 3.333;
    //pendiente de la ecuación que relaciona las divisiones
    //(0-1000) potenciómetro con medida (0-300cm).
    return distancia1;
    }

// Función 3: Leer datos distancia US2 / Pluma
double alturaUS2()
    {

```

```

    valorUS2 =analogRead(A14); //Leer valor US2
    distancia2 = valorUS2/3.333;//Dividirlo entre 3.333;
    //pendiente de la ecuación que relaciona las divisiones
    //(0-1000) potenciometro con medida (0-300cm).
    return distancia2;
}

// Función 4: Presencia implemento arriba / abajo
double implemento()
{
    valorPresencia =analogRead(A13); //Leer valor presencia.
    //Implemento ARRIBA
    if (valorPresencia>900)return presencia=1;
    //Implemento ABAJO
    else return presencia=0;
}

// Función 5: Relación polinómica entre medida del sensor y
//          altura real PLUMA
double altura_max_pluma(double distancia2,double b_pluma)
{
    double    altura_pluma;
    double    a_pluma;

    a_pluma=pow(6.5772*distancia2,1);

    altura_pluma = (a_pluma+b_pluma);
    return altura_pluma;
}

//Función 6: Añadido de altura por el BALANCÍN
double altura_max_balancin(double distancia,double b_balancin,
double pendiente)
{
    double    altura_balancin;
    double    a_balancin;

    a_balancin=pow(pendiente*distancia,1);//X

    altura_balancin = (-a_balancin+b_balancin);
    return altura_balancin;
}

```

```

    }

// Función 7: Altura real
double alturareal(double distancia1,double distancia2,
double alturaP,double alturaB)
{
if (distancia2<145)return alturaP;
if (distancia2>145 && distancia1>43)return alturaP;
else return alturaB;
}

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);// Pantalla de 16 caracteres y 2 lineas.
  pinMode(52,OUTPUT); // Activación de electroválvula.
}

void loop()
{
  //Llamamiento a las funciones.
  distancia1 = alturaUS1();
  distancia2 = alturaUS2();
  alturaP = altura_max_pluma(distancia2,b_pluma);

  // AlturaB depende del implemento.
  if (presencia=1)
  {
    alturaB = altura_max_balancin(distancia1,
    b_balancin_ARRIBA,pendiente_ARRIBA);
  }
  else
  {
    alturaB = altura_max_balancin(distancia1,
    b_balancin_ABAJO,pendiente_ABAJO);
  }

  alturaR = alturareal(distancia1,distancia2,alturaP,alturaB);

  //Impresión de datos:
  //setCursor - Selecciona el cursor en posición indicada.
  //print - Imprime en la posición indicada por serCursor.

```

```

// B: Altura mediante balancín.
// P: Altura mediante pluma.
// R: Altura real mediante condiciones entre anteriores.
// M: Introducida por el usuario que será comparada con
//     la altura R.

lcd.setCursor(6, 0);
lcd.print("m B:");
lcd.setCursor(6, 1);
lcd.print("m P:");
lcd.setCursor(15,1);
lcd.print("m");
lcd.setCursor(15,0);
lcd.print("m");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("R:");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("M:");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print(alturamax);

// Si se sale fuera de rango, mostrar *.

if (alturaR<1.80){// Si se sale fuera de rango, mostrar *.
  lcd.setCursor(11,1); // Posiciona el cursor.
  lcd.print(alturaP); // Muestra la variable altura actual.
  lcd.setCursor(11,0); // Posiciona el cursor.
  lcd.print(alturaB);
  lcd.setCursor(2,0); // Posiciona el cursor.
  lcd.print(alturaR);
}
else {
  lcd.setCursor(2,0); // Posiciona el cursor.
  lcd.print("****"); // Muestra la variable altura actual.
}

// Indicación y corte hidráulico.
if (alturamax<=alturaR){
digitalWrite(52, HIGH);
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print("!");

```

```

delay(300);
}
else {
digitalWrite(52, LOW);
}

// Lectura de botones para cambio de M.
lcd_key = read_LCD_buttons();// Lee los botones.

switch (lcd_key)// SWITCH; dependiendo
//del valor leído entra en un caso o en otro.
{
case btnUP:
{
alturamax=alturamax+0.1;// Entero +0.1
break;
}
case btnDOWN:
{
alturamax=alturamax-0.1;// Entero -0.1
break;
}
case btnRIGHT:
{
alturamax=alturamax+1;// Entero -0.1
break;
}
case btnLEFT:
{
alturamax=alturamax-1;// Entero -0.1
break;
}

case btnSELECT:// Forzar cierre de electroválvula.
{
digitalWrite(52, HIGH);
break;
}
case btnNONE:
{
digitalWrite(52, LOW);
}
}

```

}
}
}

Anexo 9: Código del programa Arduino - Modificado para maqueta

```

//----- - MAQUETA DE PROYECTO - -----

// Control de artura de máquina excavadora v1.0
// Proyecto Fin de Grado - GIEIA
//
// Autor:  Álvaro Prieto Gutiérrez
// Título: Control de posicionamiento de brazo en máquina
//         excavadora mediante Arduino.
// Fecha:  Septiembre - 2014
//
// Librerías:
#include <LiquidCrystal.h> // Pantalla LCD 16x2
#include          <math.h> // Matemáticas

// Constantes:
#define btnRIGHT  0
#define btnUP     1
#define btnDOWN   2
#define btnLEFT   3
#define btnSELECT 4
#define btnNONE   5

// Variables globales
int      lcd_key      = 0; // Valor leído botones.
int      adc_key_in   = 0; // Valor leído botones ANALOGICO.
double   alturamax    = 1.80; // Valor inicial de corte Alura Max.

double   tiempo1; //US1
double   distancia1; //US1
double   tiempo2; //US2
double   distancia2; //US2

double   alturaP; //Altura total por cilindro pluma.
double   c_pluma     = 0; //Valor de ecuación pluma [cm].
double   alturaB; //Altura total por cilindro brazo.
double   b_balancin = 191.64; //Valor de ecuación balancín [cm].

double   alturaR; //Altura total real (Extraída a
                //partir de condiciones entre
                //pluma y balancín.

```

```

// Se instancia el LCD con los pines indicados
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);

// Función 1: Lectura de botones
int read_LCD_buttons()
    {
        //Empieza una función.
        adc_key_in =analogRead(0); // Leer el valor analógico
        //de cada botón.
        //Los valores de cada botón son: 0, 144, 329, 504, 741.
        if (adc_key_in > 1000)return btnNONE;
        if (adc_key_in < 50)return btnRIGHT;
        if (adc_key_in < 250)return btnUP;
        if (adc_key_in < 450)return btnDOWN;
        if (adc_key_in < 650)return btnLEFT;
        if (adc_key_in < 850)return btnSELECT;
        return btnNONE;// Retorna cuando no es ningún valor
        //anterior.
    }

// Función 2: Leer datos distancia US1
double alturaUS1()
    {
        digitalWrite(13,LOW); /* Por cuestión de estabilización
del sensor*/
        delayMicroseconds(5);
        digitalWrite(13, HIGH); /* Envío del pulso ultrasónico*/
        delayMicroseconds(10);
        tiempo=pulseIn(48, HIGH); /* Función para medir la
longitud del pulso entrante. Mide el tiempo que transcurre
entre el envío del pulso ultrasónico y cuando el sensor
recibe el rebote.*/
        distancial=double(0.017*tiempo1); /*Fórmula para calcular
la distancia*/
        delay(500);
        return distancial;
    }

// Función 3: Leer datos distancia US2
double alturaUS2()
    {

```

```

    digitalWrite(12,LOW); /* Por cuestión de estabilización
del sensor*/
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(12, HIGH); /* Envío del pulso ultrasónico*/
    delayMicroseconds(10);
    tiempo2=pulseIn(50, HIGH); /* Función para medir la
longitud del pulso entrante. Mide el tiempo que transcurre
entre el envío del pulso ultrasónico y cuando el sensor recibe
el rebote*/
    distancia2=double(0.017*tiempo2); /*Fórmula para calcular la
distancia*/
    delay(500);
    return distancia2;
}

//Función 4: Relación polinómica entre medida del sensor y altura
real - PLUMA
double altura_max_pluma(double distancia2,double c_pluma)
{
    double    altura_pluma;
    double    b_pluma;

    b_pluma=pow(5*distancia2,1);

    altura_pluma = (b_pluma+c_pluma)*0.01;
    return altura_pluma;
}

//Función 5: Añadido de altura por el BALANCÍN
double altura_max_balancin(double distancia1,double b_balancin)
{
    double    altura_balancin;
    double    a_balancin;

    a_balancin=pow(3.6361*distancia1,1);//X

    altura_balancin = (-a_balancin+b_balancin)*0.01;
    return altura_balancin;
}

// Función 6: Altura real

```

```

double alturareal(double distancia1,double distancia2,
double alturaP,double alturaB)
{
if (distancia2<30)return alturaP;
if (distancia2>30 && distancia1>10)return alturaP;
else return alturaB;
}

void setup()
{
lcd.begin(16, 2);// Pantalla de 16 caracteres y 2 lineas.
pinMode(52,OUTPUT); // LED = electroválvula
pinMode(13,OUTPUT); // Activación US1 Pulso
pinMode(12,OUTPUT); // Activación US2 Pulso
pinMode(48,INPUT); // Activación US1 Entrada
pinMode(50,INPUT); // Activación US2 Entrada
}

void loop()
{
//Llamamiento a las funciones.
distancia1 = alturaUS1();
distancia2 = alturaUS2();
alturaP = altura_max_pluma(distancia2,c_pluma);
alturaB = altura_max_balancin(distancia1,b_balancin);
alturaR = alturareal(distancia1,distancia2,alturaP,alturaB);

//Impresión de datos:
//setCursor - Selecciona el cursor en posición indicada.
//print - Imprime en la posición indicada por serCursor.
// B: Altura mediante balancín.
// P: Altura mediante pluma.
// R: Altura real mediante condiciones entre anteriores.
// M: Introducida por el usuario que será comparada con
// la altura R.

lcd.setCursor(6, 0);
lcd.print("m B:");
lcd.setCursor(6, 1);
lcd.print("m P:");
}

```

```

lcd.setCursor(15,1);
lcd.print("m");
lcd.setCursor(15,0);
lcd.print("m");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("R:");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("M:");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print(alturamax);

// Si se sale fuera de rango, mostrar *.

if (alturaR<1.80){
  lcd.setCursor(11,1);
  lcd.print(alturaP);
  lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print(alturaB);
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print(alturaR);
}
else {
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("*****");
}

// Indicación y corte hidráulico (LED).
if (alturamax<=alturaR){
digitalWrite(52, HIGH);
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print("!");
delay(300);
}
else {
digitalWrite(52, LOW);
}

// Lectura de botones para cambio de M.
lcd_key = read_LCD_buttons();// Lee los botones.

switch (lcd_key)// SWITCH; dependiendo del valor leído

```

```

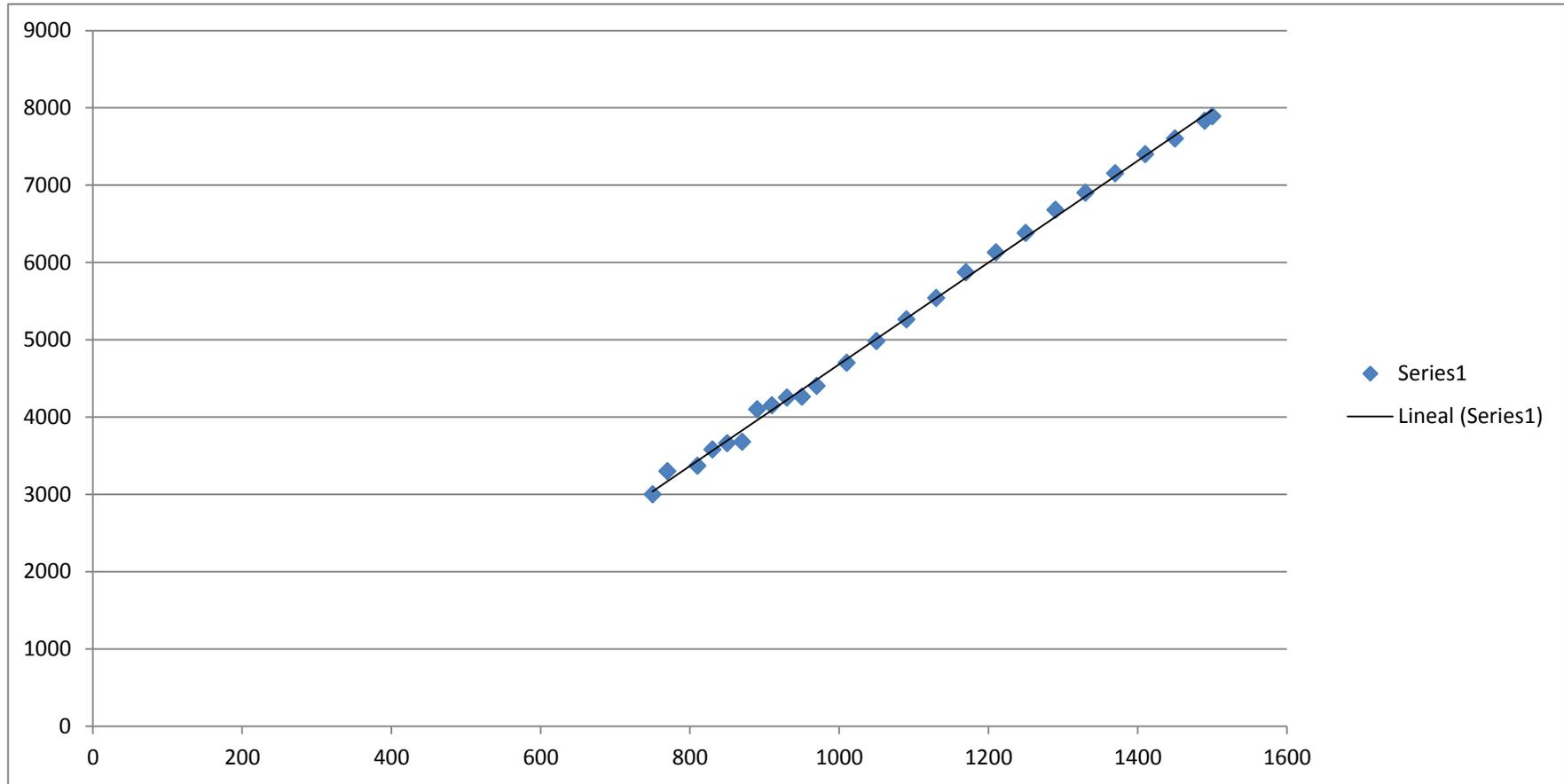
//entra en un caso o en otro.
{
  case btnUP:
    {
      alturamax=alturamax+0.1;// Entero +0.1
      break;
    }
  case btnDOWN:
    {
      alturamax=alturamax-0.1;// Entero -0.1
      break;
    }
  case btnRIGHT:
    {
      alturamax=alturamax+1;// Entero +1
      break;
    }
  case btnLEFT:
    {
      alturamax=alturamax-1;// Entero -1
      break;
    }

  case btnSELECT://Forzar cierre de electroválvula-LED.
    {
      digitalWrite(52, HIGH);
      break;
    }
  case btnNONE:
    {
      digitalWrite(52, LOW);
    }
}
}

```


Anexo 10: Gráfica Altura/Elongación de cilindro Pluma

ANEXO 10 - GRÁFICO 1: Relación altura máxima / Elongación de cilindro de pluma

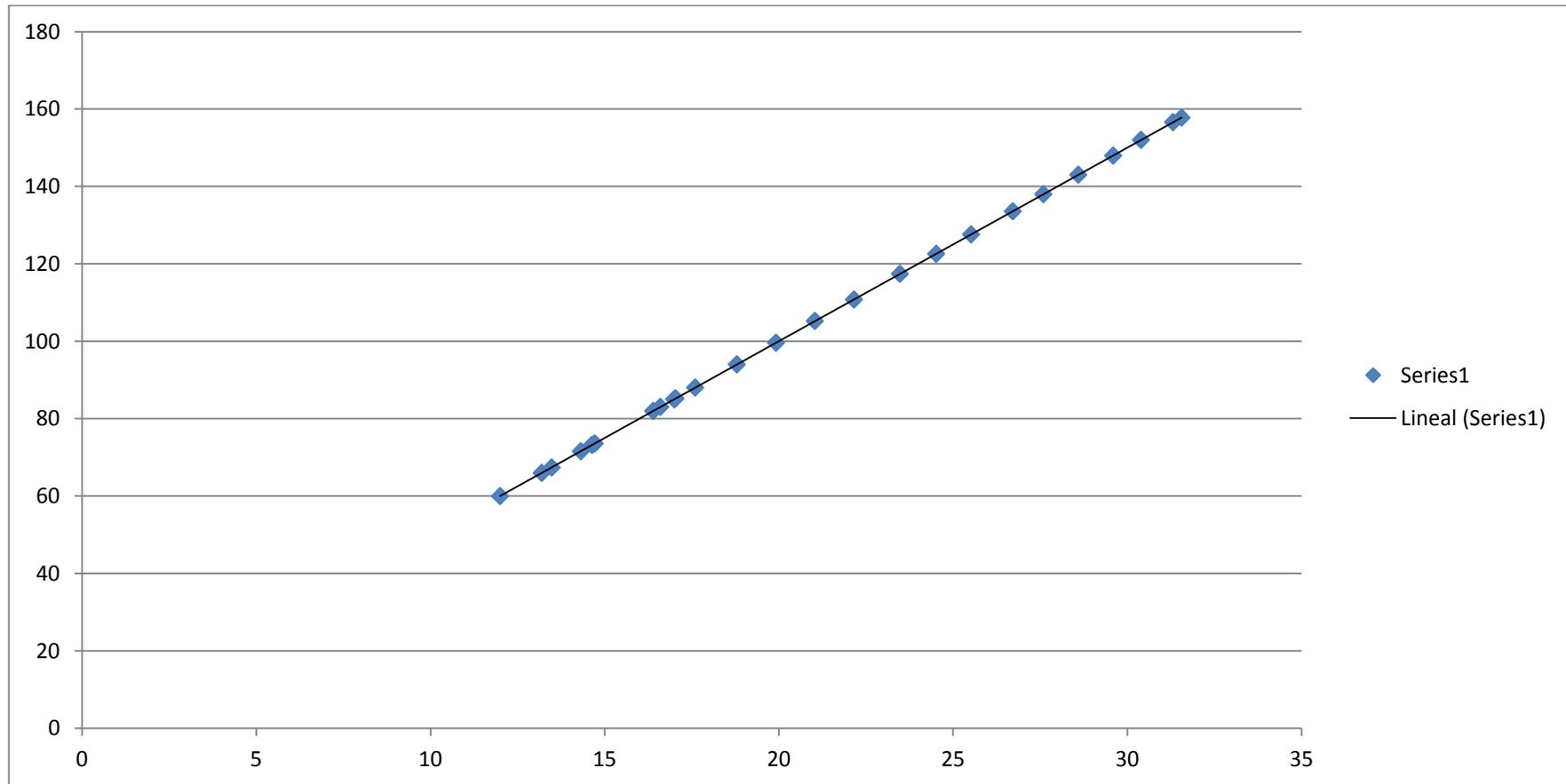


$$y = 6,5772x - 1894,6$$

$$R^2 = 0,9979$$

Anexo 11: Gráfica Altura/Elongación de cilindro Pluma – Maqueta

ANEXO 11 - GRÁFICO 2: Relación altura máxima / Elongación de cilindro de pluma – MAQUETA 1/5

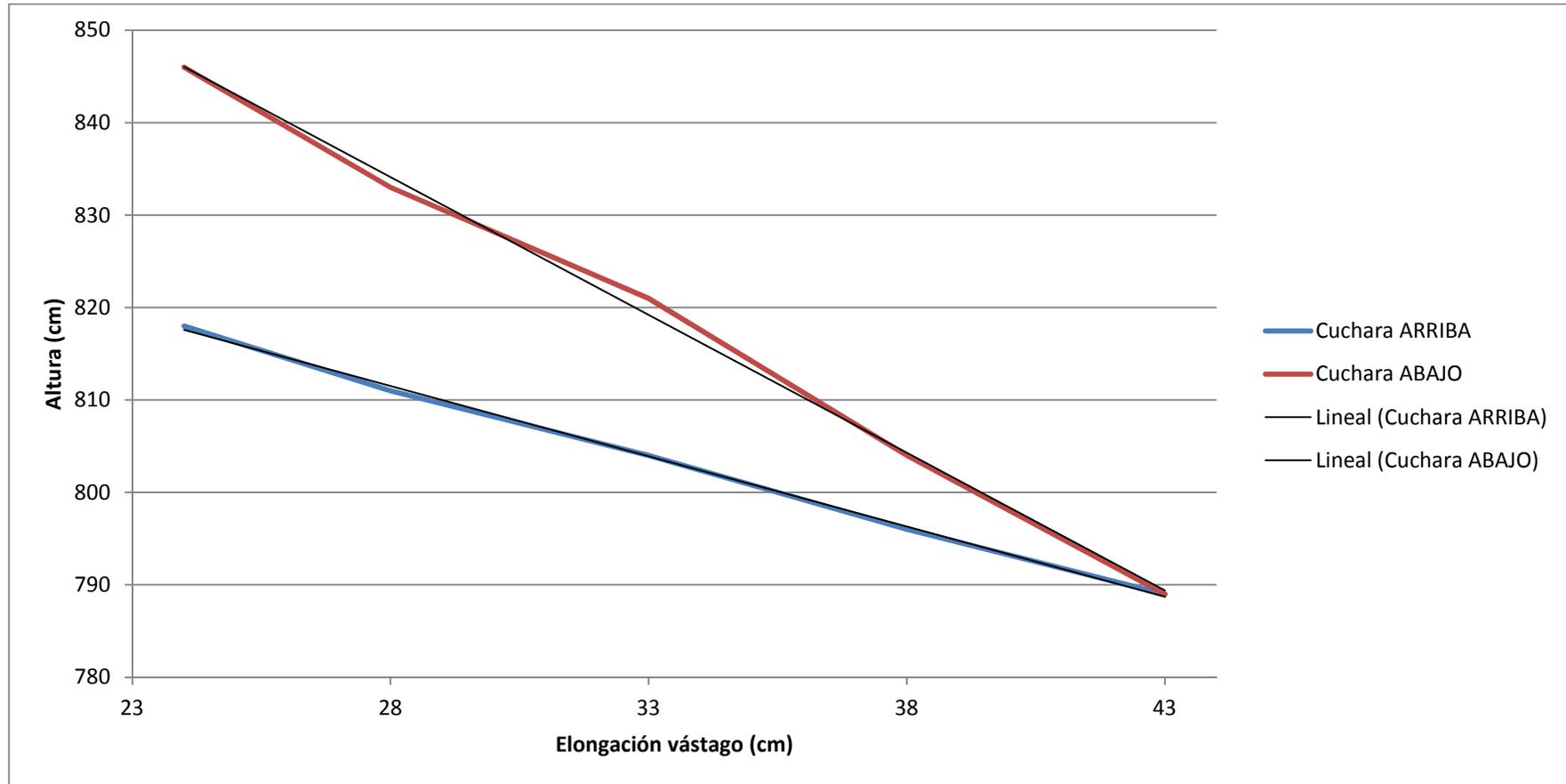


$y = 5x - 2E-13$

$R^2 = 1$

Anexo 12: Gráfica Altura/Elongación de cilindro Balancín

ANEXO 12 - GRÁFICO 3: Relación altura máxima / Elongación de cilindro de balancín

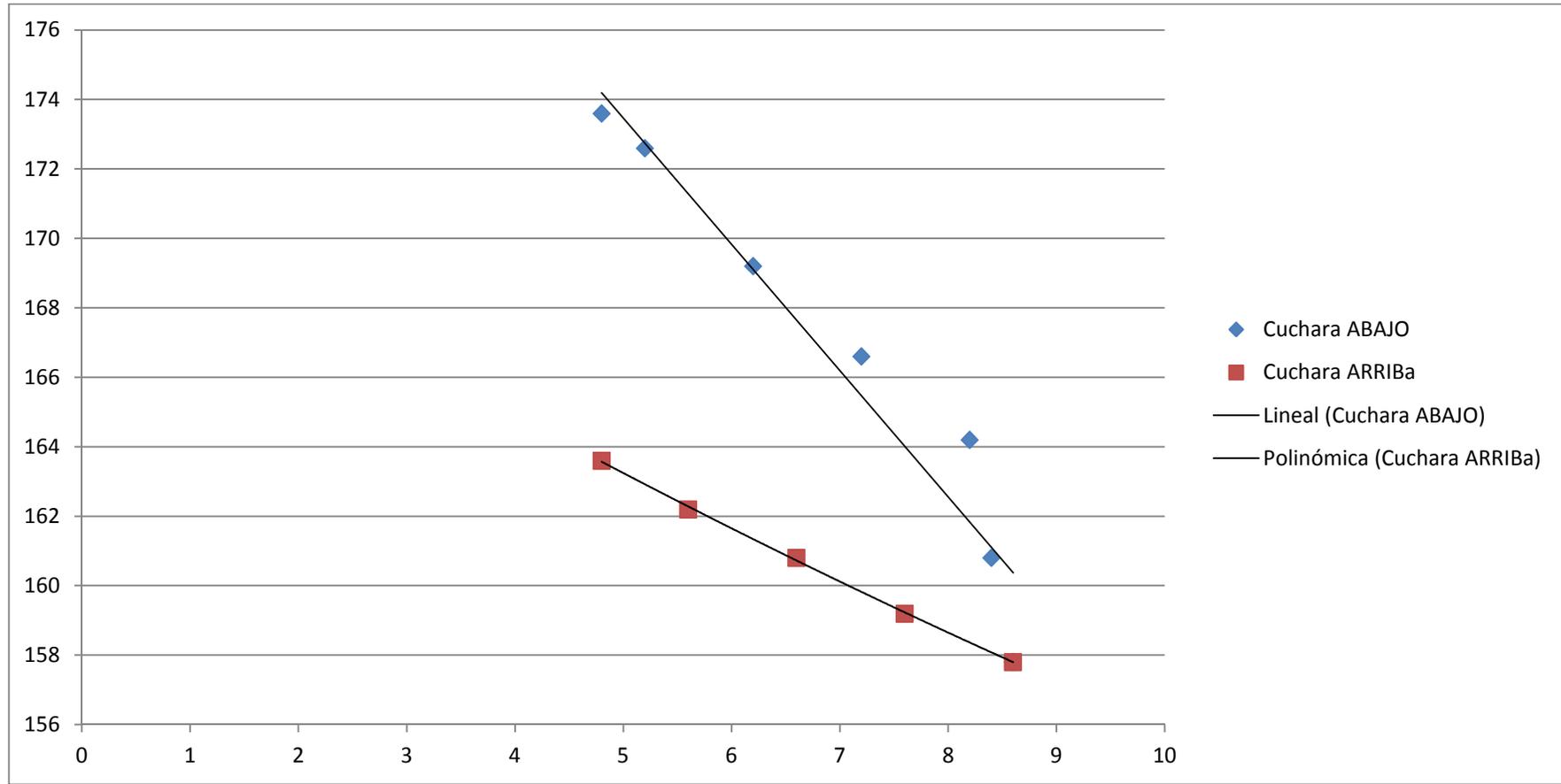


CUCHARA ARRIBA
 $y = -1,5191x + 854,03$
 $R^2 = 0,9988$

CUCHARA ABAJO
 $y = -2,9792x + 917,51$
 $R^2 = 0,9977$

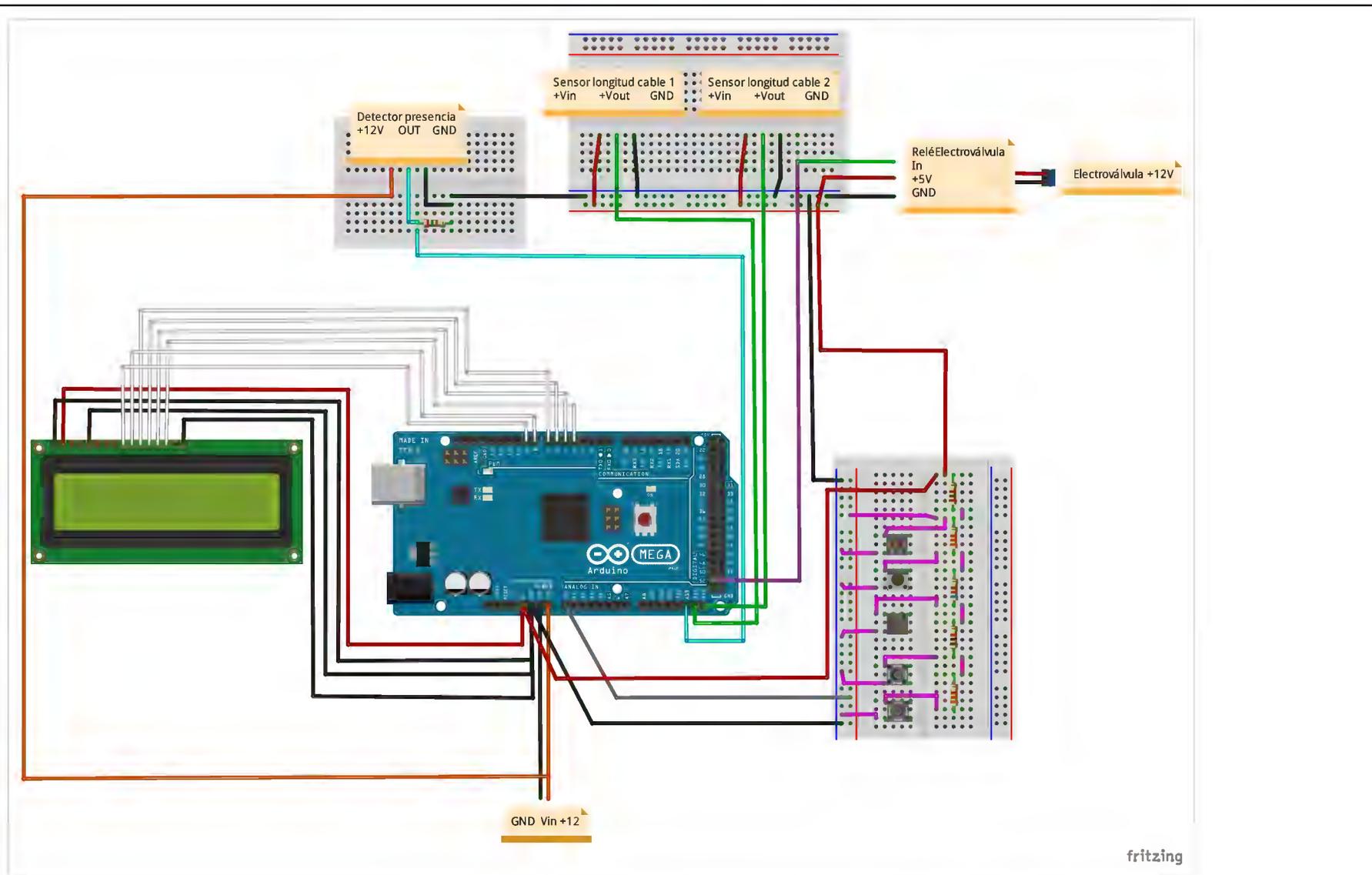
Anexo 13: Gráfica Altura/Elongación de cilindro Balancín - Maqueta

ANEXO 13 - GRÁFICO 4: Relación altura máxima / Elongación de cilindro de balancín – MAQUETA 1/5

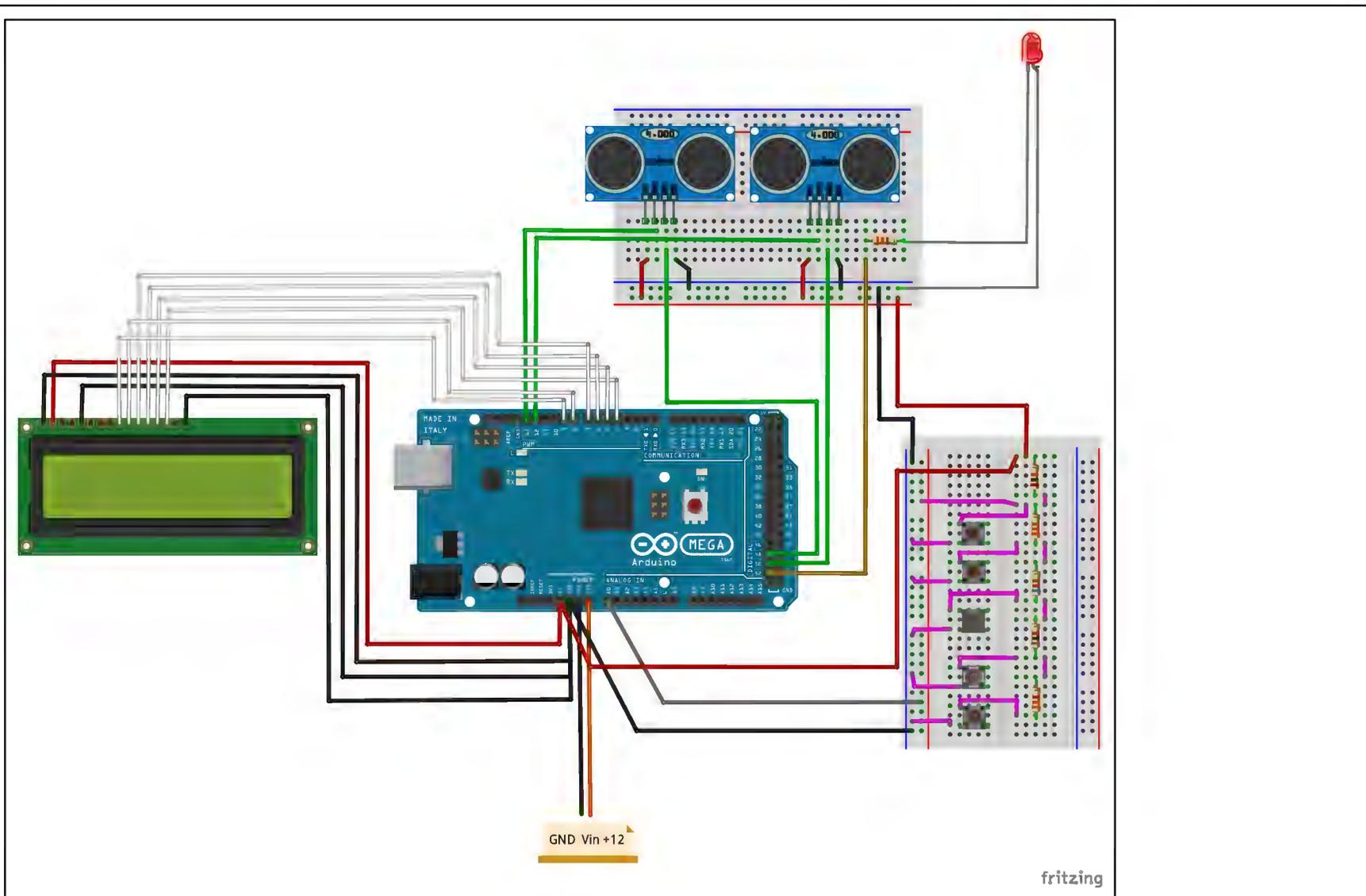


<p>CUCHARA ABAJO $y = -3,6361x + 191,64$ $R^2 = 0,9328$</p>	<p>CUCHARA ARRIBA $y = 0,031x^2 - 1,9341x + 172,14$ $R^2 = 0,9993$</p>
--	---

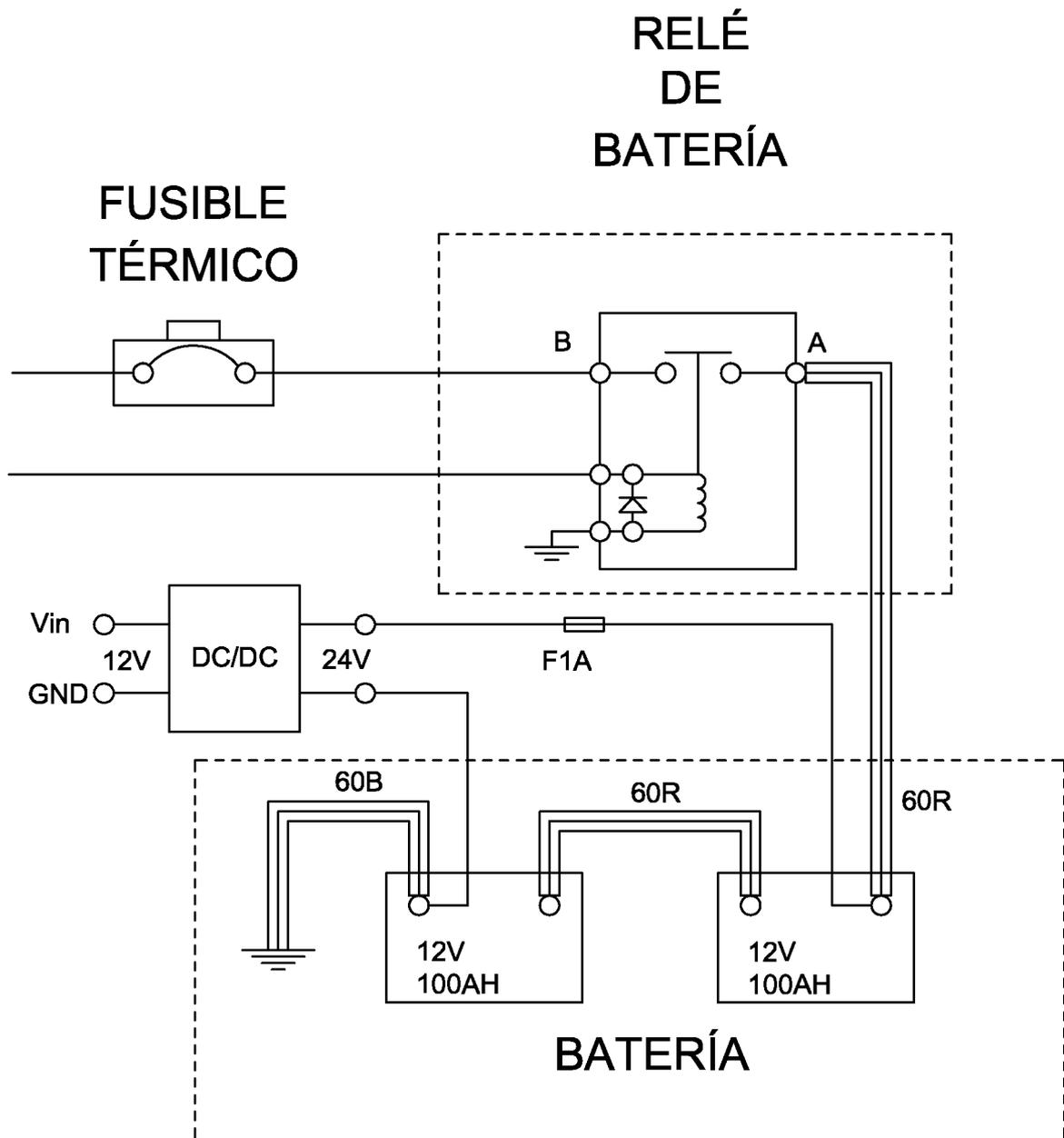
5 PLANOS



Dibujado: 03/09/2014	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Álvaro Prieto Gutiérrez	
Escala:	Conexionado Arduino	Nº de Plano: 1 / 7

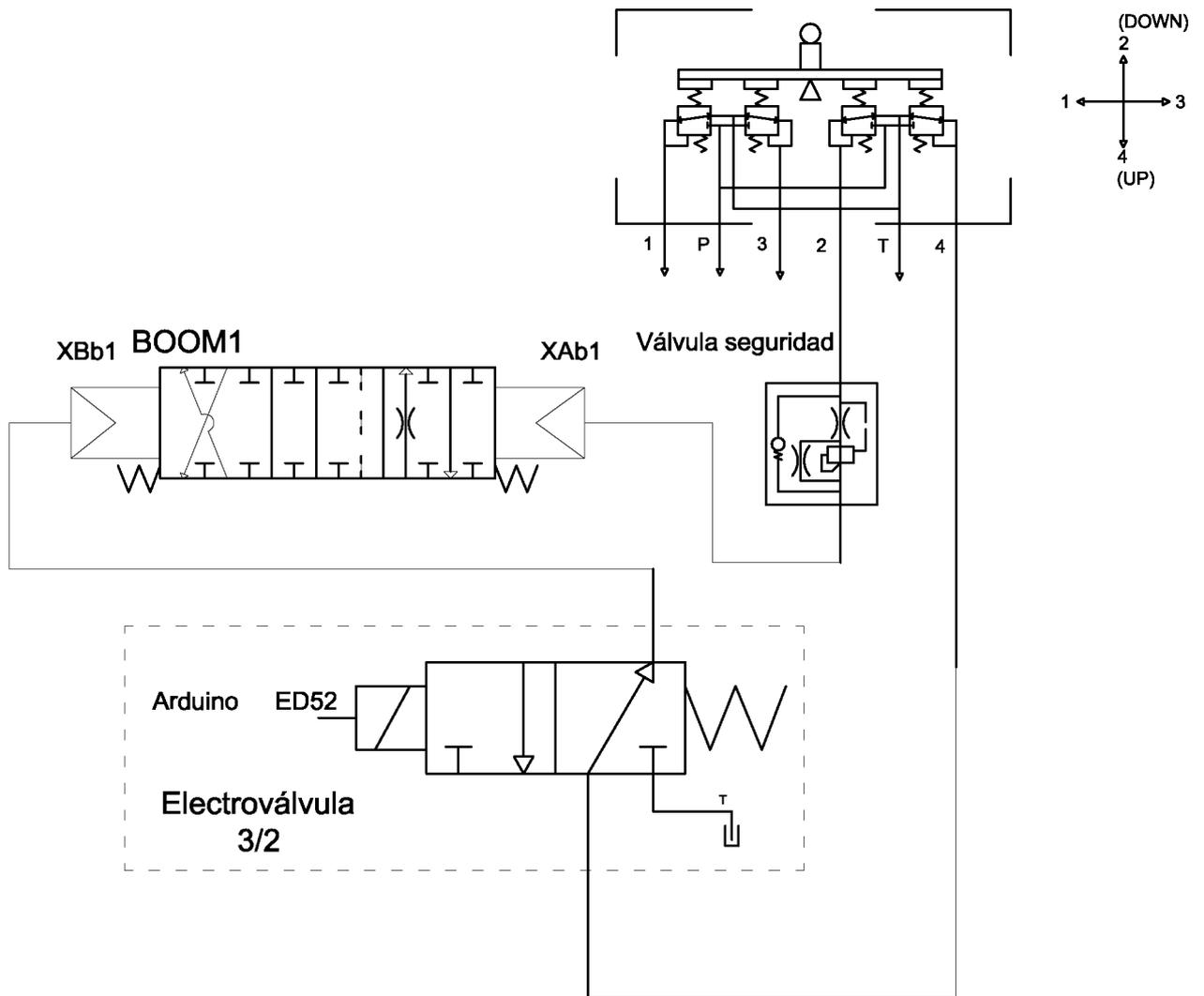


Dibujado: 03/09/2014	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Álvaro Prieto Gutiérrez	
Escala:	Conexionado Arduino Maqueta	Nº de Plano: 2 / 7

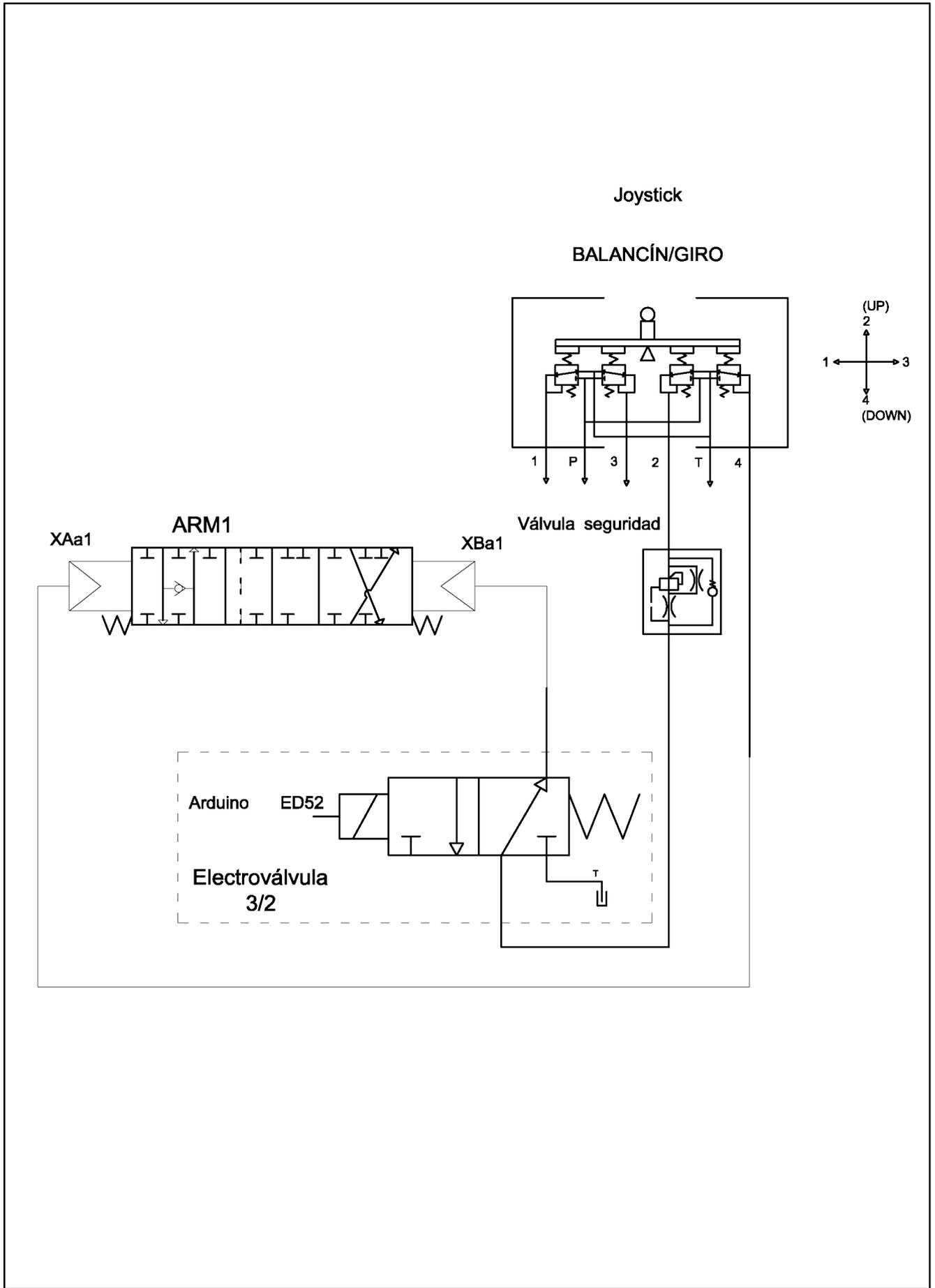


Dibujado: 03/09/2014	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Álvaro Prieto Gutiérrez	
Escala:	Conexión Eléctrico	Nº de Plano: 3 / 7

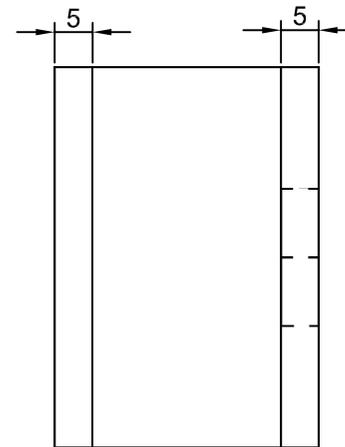
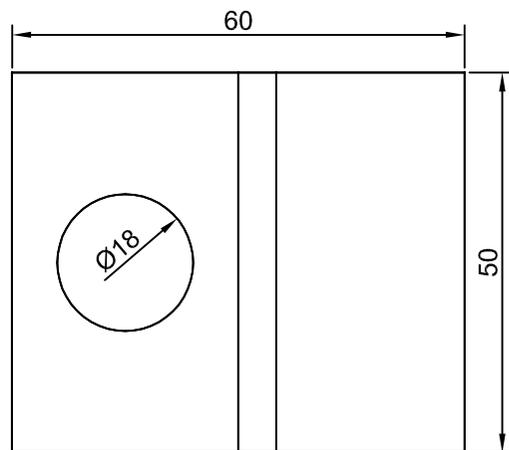
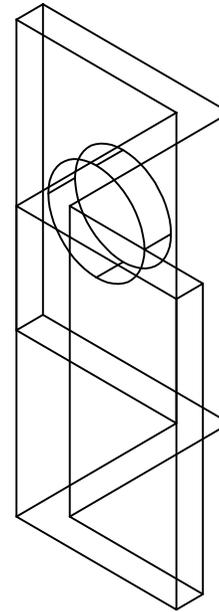
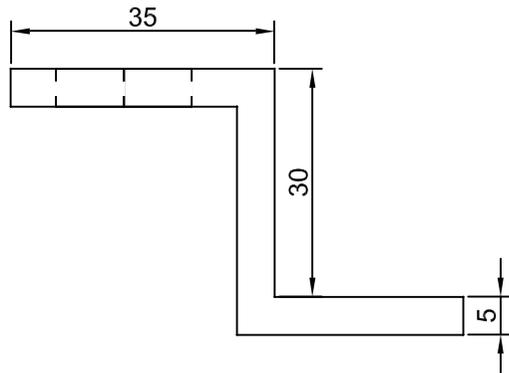
Joystick PLUMA/IMPLEMENTO



Dibujado: 03/09/2014	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Álvaro Prieto Gutiérrez	
Escala:	Conexionado Hidráulico Pluma	Nº de Plano: 4 / 7



Dibujado: 04/09/2014	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Álvaro Prieto Gutiérrez	
Escala:	Conexionado Hidráulico Balancín	Nº de Plano: 5 / 7



Dibujado:
03/09/2014

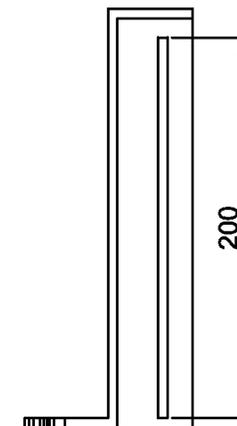
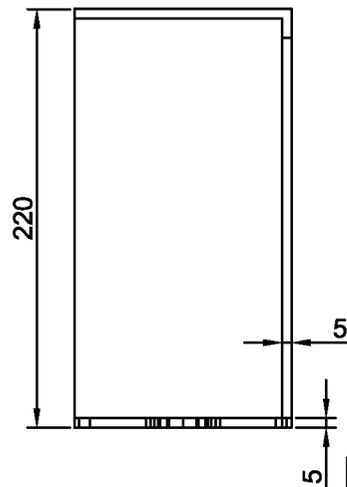
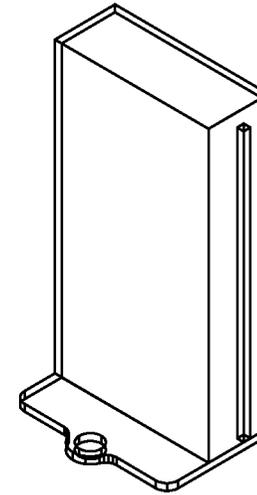
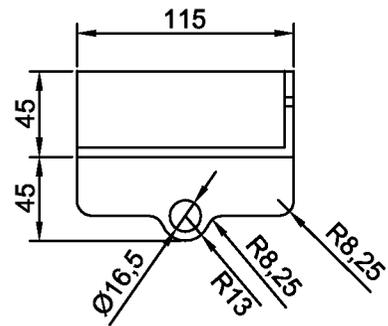
Universidad de Cantabria
Autor: Álvaro Prieto Gutiérrez

Escuela Técnica Superior
de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones

Escala:
1:1

Soporte Inductivo

Nº de Plano: 6 / 7



Dibujado: 03/09/2014	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Álvaro Prieto Gutiérrez	
Escala: 1:4	Soporte Medida Distancia	
		Nº de Plano: 7 / 7

6 PLIEGO DE CONDICIONES

En primer lugar deberemos tener en cuenta las especificaciones de diseño que debemos cumplir que serán las nombradas a continuación:

- Tensión continua de entrada 5V.
- Temperatura admisible en el circuito de 70°C.
- Humedad relativa de 0% al 90%.

El prototipo desarrollado está preparado para trabajar mediante una placa controladora Arduino con las siguientes características:

- Arduino ATmega2560
- Tensión aplicada al dispositivo de 5V
- Frecuencia de funcionamiento de Arduino de 16MHz
- Número de pines digitales 54 (15 de los cuales proveen salida PWM)
- Número de pines analógicos 16
- Corriente continua en los pines de E/S 40mA
- Corriente continua en el pin de 3,3 voltios de 50mA
- Memoria FLASH de 256KB
- Memoria SRAM de 8KB
- Memoria EEPROM de 4KB

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El objetivo del siguiente pliego de condiciones es la ordenación de las condiciones técnicas y facultativas que han de estar presentes en la ejecución de este proyecto.

Este proyecto va a ser supervisado por un Ingeniero Industrial, que en este caso va a ser el profesor encargado de dirigir el proyecto.

El pliego de prescripciones técnicas establece la definición del montaje en cuanto a su naturaleza intrínseca.

CAPÍTULO 2: CONDICIONES ESPECÍFICAS

2.1 Condiciones técnicas

Las siguientes condiciones técnicas serán de obligado cumplimiento para el técnico de obra, el cual deberá constar que las acepta y se compromete a acatarlas.

Todos los trabajos serán realizados por personas especialmente preparadas, tanto en la construcción de la placa como en las demás partes que componen este proyecto.

Corresponde al técnico de obra:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los puestos de trabajo en la realización del proyecto, y aprobar el Plan de seguridad y salud para la aplicación del mismo.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.

2.2 Condiciones de montaje

El director de montaje, así como el director de diseño de programación quedan obligados a que todas las dudas que surjan de la interpretación de los elementos del proyecto o posteriores durante su uso, serán resueltas por la dirección facultativa de acuerdo con el Pliego de Condiciones Técnicas.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes o instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al instalador del prototipo, estando éste obligado a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba el técnico de obra.

El instalador podrá requerir del Técnico de Obra según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución del proyecto.

Las especificaciones no descritas en el siguiente pliego de condiciones con relación al proyecto, y que figuren en el resto de documentación (memoria, planos y presupuesto), deben considerarse como datos a tener en cuenta para la formulación del presupuesto.

Los componentes serán reconocidos antes de su montaje y sin su aprobación no podrán ser utilizados. Existirá el derecho de que puedan ser rehusados aquellos componentes que no reúnan las condiciones en base a sus características técnicas para ser considerados a punto.

CAPÍTULO 3: CONDICIONES ECONÓMICAS

Todos los precios están sujetos a variaciones, pues su valor no es constante, sino que varía a lo largo del tiempo.

3.1 Acopio y componentes

Los componentes acopiados, una vez abonados por el propietario, son de exclusiva propiedad; encargándose el contratista de su guarda y protección.

3.2 Pagos

Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos y, su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de ejecución del proyecto, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

3.3 Precios incluidos

En los precios estarán siempre incluidos los siguientes aspectos:

- Suministro de equipos y materiales eléctricos principales indicados, materiales consumibles y materiales auxiliares.
- Costes de mano de obra directa e indirecta, costes de maquinaria, mantenimiento de instalaciones temporales, desmantelamiento de instalaciones temporales, gastos generales y costes de cumplimiento de las Normas y Reglamento de Seguridad e Higiene necesarios para la protección y seguridad del personal durante la realización del trabajo.
- El montaje eléctrico se realizará, como es normal en este tipo de proyectos, simultáneamente con el trabajo de otras actividades, lo cual inevitablemente ocasionará interferencias, que necesitarán la máxima coordinación.

CAPÍTULO 4: CONDICIONES TÉCNICAS

El trabajo se realizará de acuerdo con la legislación vigente y las especificaciones técnicas, en general, atendiendo especialmente a:

Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias.

- EC-J51 Montaje de instrumentación.
- EC-P Montaje eléctrico.

Todos los componentes utilizados serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico de baja tensión y demás disposiciones vigentes referidas a materiales.

Todos los materiales podrán ser sometidos a análisis o pruebas, por cuenta de la contrata para asegurar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas, por la buena práctica del proyecto.

Los materiales no consignados en el proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesaria, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

4.1 Prescripciones para los equipos y materiales a suministrar

Todos y cada uno de los equipos principales a suministrar dispondrán en lugar visible una placa de características, en la que estarán grabados de forma indeleble los siguientes datos:

Nombre del fabricante o marca comercial.

Designación del tipo dado por el fabricante.

Número de serie de fabricación.

Grado de protección mecánica.

Características técnicas.

CAPÍTULO 5: NORMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE

El Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, es un componente fundamental de la nueva normativa de Seguridad y Salud en el trabajo, encabezada por la

ley de Prevención de Riesgos Laborales. Su importancia se debe principalmente a dos razones.

En primer lugar por la amplitud de su campo de aplicación, dado el carácter genérico de la definición de “equipo de trabajo”. De hecho este Real Decreto puede considerarse como una norma marco para la totalidad de los equipos de trabajo, aunque el tratamiento que se da a cada equipo no es homogéneo. Es preciso tener en cuenta que la Directiva 89/655/CEE y la Directiva 95/63/CEE, que modifica y amplía la anterior, transpuesta por este Real Decreto, se elaboraron tomando como referencia la Directiva 89/392/CEE (y sus dos primeras modificaciones), relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, que se dirige a los fabricantes de máquinas y componentes de seguridad y salud con los que dichos productos deben ser conformes antes de su primera comercialización y puesta en servicio de la Unión Europea.

En segundo lugar este Decreto amplía y hace más explícitas las obligaciones del empresario en relación con la elección, utilización, mantenimiento y, en su caso, comprobación de los equipos de trabajo. La norma recoge, así mismo, las condiciones de seguridad mínima exigibles a los equipos en uso, y establecen también que estos deberán cumplir las condiciones impuestas por la normativa de comercialización que les sea aplicable; ésta última suele ser en general más exigente, en particular en el caso de equipos nuevos a los que se aplica el mercado CE.

7 PRESUPUESTO

7.1 Introducción

A continuación se presenta el documento que va a recoger el presupuesto total del proyecto.

A la hora de calcular el precio del prototipo capaz de controlar la altura de la máquina excavadora, se va a tener en cuenta el precio de cada uno de los componentes en el momento de su compra, teniendo en cuenta que son componentes electrónicos y pueden sufrir pequeñas variaciones de precio. A lo que se añadirá el precio de la mano de obra así como el de la tecnología, verificación y construcción usadas en su diseño.

El presupuesto general total que supone la redacción y ejecución de este proyecto, sufrirá un incremento mensual que evaluará aplicando a dicho presupuesto la tasa de inflación y el índice de precios al consumo que se establezca en el tiempo transcurrido.

Se realizará un presupuesto teniendo en cuenta la producción de 30 unidades de sistemas de control de altura.

7.2 Coste de fabricación del producto

7.2.1 Mano de obra directa

Para la construcción de este prototipo se necesitará contratar como mano de obra directa a dos trabajadores:

- Un Graduado en Ingeniería Técnica Industrial que se encargará del diseño y programación y del aprovisionamiento de material y componentes.
- Un oficial de primera que se encargará del posterior montaje del circuito, asegurándose además de la verificación de las especificaciones de funcionamiento y su correcta calibración.

Para calcular el coste de la mano de obra directa tendremos que tener en cuenta las horas trabajadas para cada trabajador y el coste por hora de cada uno de ellos.

El cálculo de horas trabajadas por cada trabajador será fijado sobre la fabricación del lote de una unidad terminada.

A continuación se muestran los datos de los salarios, estos salarios se consideran una aproximación sobre las tablas del Boletín Oficial del Estado e información recabada de las distintas empresas.

Categoría	Horas trabajadas	Coste por hora	Coste total
Ingeniero técnico	8	15,72€/h	125,76€
Oficial de 1ª	8	9,76€/h	78,08€
TOTAL			203,84€

El coste total de mano de obra directa para una unidad asciende a doscientos tres euros con ochenta y cuatro céntimos.

Coste de la Mano de obra directa (MOD) = 203,84€

7.2.2 Materias primas

A continuación se muestran todos los componentes utilizados, la cantidad, su precio unitario y su precio total.

Sensores

Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Sensor de longitud por cable	2	458€	916€
Sensor de presencia inductivo	1	32€	32€
TOTAL			932€

Actuadores

Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Electroválvula	2	123€	246€
Bloque de la electroválvula	2	34€	68€
TOTAL			314€

Elementos de control

Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arduino MEGA 2650	1	18€	18€
Pantalla LCD + botonera	1	9€	9€
TOTAL			27€

Elementos de anclaje de sensores

Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Soporte sensor para medida de longitud	1	4€	4€
Soporte sensor de proximidad	1	3€	3€
TOTAL			7€

Generales

Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Surtido de cables	1	7,5€	7,5€
Resistencia 250Ω	1	0,5€	0,5€

Placa perforada	1	2€	2€
Convertidor buck	1	7,80€	7,80€
Relé Arduino	2	2,89€	5,78€
Fusible 2A	1	0,10€	0,10€
Latiguillo hidráulico	4	10,50€	42€
TOTAL			65,68€

El coste total de los componentes y materiales previstos para la fabricación de una unidad asciende a mil trescientos cuarenta y cinco euros con sesenta y ocho céntimos.

Coste de las Materias primas (MP) = 1.345,68€

7.2.3 Puesto de trabajo

Se ha de tener en cuenta, además, que para el montaje se han utilizado diversos materiales y equipos de uso común en un taller electrónico de producción. Equipos específicos tales como un ordenador, multímetro, etc. que a continuación se detallan.

Componente	Precio total
Ordenador	299€
Multímetro	35€
Soldador	247€
Soporte soldadura	170€

TOTAL 751€

El siguiente paso es calcular los gastos de amortización de los aparatos y equipos utilizados. Este apartado es de gran importancia ya que los equipos en la actualidad se quedan obsoletos en un corto periodo de tiempo. Sabiendo la inversión que se va a realizar y teniendo en cuenta un periodo de amortización que estimaremos de 6 años, el coste de amortización será de:

$$\text{Coste de amortización} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Periodo de amortización}}$$

$$\text{Coste de amortización} = \frac{751}{6} = 125,16\text{€/año}$$

Teniendo en cuenta que las horas laborales en un año serán de 1932 horas. Calculadas considerando 8 horas diarias, 5 días laborables a la semana y 52 semanas anuales, descontando además los 16 días que según el BOE se consideran días festivos en la comunidad de Cantabria.

Se volverá a calcular el coste de amortización por hora en esos seis años:

$$\text{Periodo de amortización (horas)} = 1.952 \frac{\text{horas}}{\text{año}} * 6 \text{ años} = 11.712 \text{ horas}$$

$$\text{Coste de amortización por hora} = \frac{125,16}{11.712} = 0,0106 \text{ €/hora}$$

Además debemos calcular el coste del puesto de trabajo teniendo en cuenta la energía eléctrica consumida durante las 13 horas de trabajo que conlleva la construcción de una unidad del prototipo. El coste de energía por hora es de 0,3€.

$$\text{Coste del puesto de trabajo} = \text{Coste de amortización por hora} + \text{Coste de energía por hora}$$

$$\text{Coste del puesto de trabajo} = \left(0,0106 \frac{\text{€}}{\text{hora}} + 0,3 \frac{\text{€}}{\text{hora}} \right) * 13 \text{ horas} = 4,03\text{€}$$

El coste total del puesto de trabajo asciende a cuatro euros y tres céntimos.

$$\text{Coste del Puesto de Trabajo (PT)} = 4,03\text{€}$$

El coste de fabricación será la suma de los costes de mano de obra directa (MOD), los costes de puesto de trabajo (PT) y los costes de las materias primas.

$$\text{Coste de fabricación del producto} = \text{MOD} + \text{Puesto de trabajo} + \text{Materia Prima}$$

$$\text{Coste de fabricación del producto} = 203,84 + 1.345,68 + 4,03 = 1.553,82 \text{ €}$$

El coste total de fabricación del producto asciende a mil quinientos cincuenta y tres euros con ochenta y dos céntimos.

$$\text{Coste de Fabricación del producto (CF)} = 1.553,82\text{€}$$

7.3 Coste en fábrica

7.3.1 Mano de obra indirecta

Hay que tener en cuenta también los gastos ocasionados debido a la mano de obra indirecta como puede ser el mantenimiento, funciones administrativas, etc. Estos gastos se calculan sobre la mano de obra directa aplicando un porcentaje que en este caso será de un 23%.

Por lo tanto, el coste final de la mano de obra indirecta será el porcentaje aplicado sobre el coste de la mano de obra directa.

$$\text{Mano de obra indirecta (MOI)} = 23\% \text{ de MOD}$$

$$\text{Mano de obra indirecta (MOI)} = \frac{(23 * 203,84)}{100} = 46,88\text{€}$$

El coste de la mano de obra indirecta asciende a cuarenta y seis euros con ochenta y ocho céntimos.

$$\text{Coste de mano de obra indirecta (MOI)} = 46,88\text{€}$$

7.3.2 Gastos generales

Para el cálculo de los gastos generales aplicaremos un 13% sobre el total de la mano de obra directa.

Por tanto,

$$\text{Gastos generales (GG)} = 13\% \text{ de MOD}$$

$$\text{Gastos generales (GG)} = \frac{(13 * 203,84)}{100} = 26,50\text{€}$$

El coste de los gastos generales asciende a veintitrés seis euros con cincuenta céntimos.

Coste de Gastos Generales (GG) =26,50€

7.3.3 Gastos sociales

Para el cálculo de los gastos sociales aplicaremos un 17% sobre la mano de obra directa y la mano de obra indirecta.

Por tanto,

$$\text{Gastos sociales (GS)} = 17\% \text{ de (MOD + MOI)}$$

$$\text{Gastos sociales (GS)} = \frac{17}{100} * (203,84 + 46,88) = 42,62\text{€}$$

El coste de los gastos sociales asciende a cuarenta y dos euros con sesenta y dos céntimos.

Coste de Gastos Sociales (GS) =42,62€

A continuación se puede calcular el Coste en Fábrica. Éste será la suma de todos los factores anteriormente expuestos: Coste de fabricación, mano de obra indirecta, gastos generales y gastos sociales.

Coste de fabricación	1.553,82 €
Gastos Generales	26,50 €
Gastos Sociales	42,62 €
Mano de Obra Indirecta	46,88 €

$$\text{Coste en Fábrica} = \text{Coste de fabricación} + GG + GS + MOI$$

$$\text{Coste en Fábrica} = 1.553,82 + 26,50 + 42,62 + 46,88 = 1.669,82 \text{ €}$$

El coste en fábrica total asciende a mil seiscientos sesenta y nueve euros con ochenta y dos céntimos.

$$\text{Coste en Fábrica} = 1.669,82 \text{ €}$$

7.4 Coste total

El coste total se define como:

$$\text{Coste total} = \text{Coste en fábrica} + \text{Gastos comerciales}$$

Se toma los gastos comerciales como un 4% del coste en fábrica, por tanto

$$\text{Gastos comerciales} = \frac{4}{100} * 1.669,82 = 66,79 \text{ €}$$

$$\text{Coste total} = 1.669,82 + 66,79 = 1.736,61 \text{ €}$$

El coste total asciende a mil setecientos treinta y seis con sesenta y un céntimos.

$$\text{Coste total} = 1.736,61 \text{ €}$$

7.5 Precio de venta

El precio de venta vendrá dado por la suma del coste total del producto y el beneficio, dividiendo este valor por el número de unidades a fabricar.

Considerando un beneficio del 6% aplicable al coste total:

$$\text{Beneficio} = \frac{6}{100} * 1.736,61 = 104,20 \text{ €}$$

$$\text{Precio de venta unitario (sin IVA)} = \frac{\text{Coste total} + \text{Beneficio}}{\text{Número de unidades}}$$

$$\text{Precio de venta unitario (sin IVA)} = \frac{1.736,61 + 104,20}{1} = 1.840,81 \text{ €}$$

$$\text{Precio de venta unitario (con IVA)} = \text{Precio de venta ud.} + 21\% \text{ Precio de venta ud.}$$

$$\text{IVA} = \frac{21}{100} * 1.840,81 = 386,57 \text{ €}$$

$$\text{Precio de venta unitario (con IVA)} = 1.840,81 + 386,57 = 2.227,38 \text{ €}$$

Por tanto, el precio de venta sin IVA asciende a la cantidad de mil ochocientos cuarenta con ochenta y un céntimos. Y el precio de venta con IVA asciende a la cantidad de dos mil doscientos veintisiete con treinta y ocho céntimos.

$$\text{Precio de Venta unitario (sin IVA)} = 1.840,81 \text{ €}$$

$$\text{Precio de Venta unitario (con IVA)} = 2.227,38 \text{ €}$$

8 CONCLUSIONES

8.1 Situación actual de desarrollo

En el presente proyecto se ha diseñado e implementado un sistema de control de altura del brazo de una máquina excavadora, siendo funcional y con el menor coste posible al mismo tiempo. El sistema cumple los objetivos fijados para su diseño a un coste de 2.227,38€ IVA incluido.

Todos los sensores, actuadores y la placa con los distintos componentes utilizados, han sido seleccionados siguiendo los criterios de disponibilidad del producto, coste, comportamiento y adecuación con el sistema Arduino, permitiendo a su vez controlar el sistema formado por la máquina excavadora.

Las características del sistema son:

- Placa Arduino MEGA 2560
- LCD y botonera para Arduino
- Sensor de distancia por cable
- Sensor de presencia inductivo
- Actuadores de electroválvula y bloque

Con el fin de mostrar una pequeña idea del proyecto inicial, se construye una maqueta a escala 1/5 de la máquina original (Doosan DW210w) con la misma idea de control pero cambiando los sensores, debido al cambio de rangos de medida, y sustituyendo la electroválvula hidráulica por un LED indicador.

Las características del sistema a escala son:

- Placa Arduino MEGA 2560
- LCD y botonera para Arduino
- Sensor de distancia por ultrasonido para Arduino
- LED indicador de corte

Después de diseñar el sistema e implementar y verificar el sistema a escala, se pueden extraer una serie de conclusiones:

- 1) Como el número de elementos que constituyen el sistema de control es reducido, es posible implementar la acción mediante Arduino. Hecho que ha permitido reducir el coste total del proyecto y por tanto el precio de venta.
- 2) Se ha diseñado un sistema capaz de conseguir medidas de los parámetros de la longitud de vástagos hidráulicos y presencia de *implemento (último elemento del brazo de una máquina excavadora. p.e. Cuchara, martillo hidráulico, etc.)* mediante sensores para posteriormente, introducirlos a la controladora Arduino. Dicha controladora es capaz de ejecutar un código que se encarga, de manera automática, de comparar la medida real con la introducida en el usuario.
- 3) Se ha introducido un sistema de visualización mediante una pantalla LCD para que el usuario sepa cuál es el valor de la altura máxima del brazo de la excavadora en tiempo real.

8.2 Líneas de futuro

En este apartado se tratan posibles líneas de futuro trabajo para la ampliación y mejora del sistema actualmente diseñado. Las futuras líneas de trabajo son amplias y varían dependiendo de las necesidades que requiera el cliente final. Algunas de ellas podrían ser:

- Incorporar el controlador en una caja estanca con unos botones más grandes para que el usuario tenga más fácil la pulsación con guantes u otros instrumentos de trabajo.
- Además del corte hidráulico, utilizar un sistema sonoro de avisos que sea capaz de avisar al usuario antes de producirse el corte hidráulico con el fin de evitar el accionamiento de la electroválvula, y por tanto su consumo.
- Instalar un sistema de sensores adicionales que permita conocer los ángulos de los ejes principales de la máquina respecto al plano horizontal.

9 BIBLIOGRAFÍA

A continuación se adjunta una relación de distintas herramientas consultadas. Se ha obtenido información de diversos portales de internet especializados en la materia, así como libros e información técnica en varios catálogos.

Libros:

“Manual de programación Arduino, Guía rápida de referencia.” Traducido y adaptado por Jose Manuel Ruiz Gutiérrez. Agosto 2007.

Información técnica de catálogos:

Catálogo DOOSAN, Máquina Excavadora DX210W

Internet:

Excavadoras

<http://www.excavalandia.cat/>

<http://www.osalan.euskadi.net/>

Fluidos

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/>

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>

<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3623/1/tema2RUA.pdf>

<http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/NeumeHidr.pdf>

Arduino

<http://arduino.cc/>

<http://playground.arduino.cc/Es/OSW06>

Sensores

<http://www.celesco.com/stringpots/>

<http://www.unimeasure.com/>

<http://www.trelectronic.com/>

<http://www.pce-iberica.es/>

<http://www.directindustry.es/>

<http://www.sicontrol.com/automti.htm>

<http://www.parker.com/>

<http://www.argo-hytos.com/>

<http://www.festo.com/>

Soporte informático:

Microsoft Word 2010

Microsoft PowerPoint 2010

Microsoft Excel 2010

Arduino 1.0

Autocad 2010

Fritzing 0.9.0